

# PROJECTO DE CICLOVIAS

**PAULO ANDRÉ MACEDO RAMOS**

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO**

---

Orientador: Professor Doutor Carlos Manuel Rodrigues

JULHO DE 2008

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais





## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador, Prof. Carlos Rodrigues, por todo o apoio, orientação e disponibilidade dada ao longo destes meses, sem os quais este projecto não teria a mesma qualidade e profundidade.

Agradeço à entidade Câmara Municipal do Porto, à Divisão Municipal de Intervenção na Via Pública e a todos os seus colaboradores, em especial ao Eng. João Neves, por todo o apoio e interesse demonstrado, tornando possível que ali se efectuasse o estágio e que sempre colocou todos os recursos possíveis à minha disponibilidade.

Agradeço ainda aos meus amigos e colegas de trabalho, que sempre se mostraram disponíveis e prontos a ajudar, motivando-me na elaboração deste projecto.



## **RESUMO**

A sustentabilidade nos transportes urbanos e a crescente preocupação com o ambiente leva a que as ciclovias sejam cada vez mais importantes no panorama mundial, o que explica o forte crescimento deste tipo de infra-estruturas, especialmente nos países do norte da Europa. Este trabalho foi desenvolvido com base nestes novos paradigmas, tendo sido efectuada uma análise detalhada de políticas de incentivo ao uso da bicicleta bem como das disposições construtivas relacionadas com ciclovias, utilizando a informação recolhida como base para a elaboração de um projecto de ciclovias da cidade do Porto.

Numa primeira fase foi feito um enquadramento geral das ciclovias e do uso da bicicleta em diversos países, demonstrando a sua importância como modo de transporte urbano e os impactes decorrentes do seu crescimento, bem como a relação existente entre o aumento dos quilómetros das ciclovias existentes e o crescimento do ciclismo.

Ao analisar alguma bibliografia internacional da especialidade, foi possível recolher e compilar algumas recomendações sobre as disposições de projecto a aplicar em ciclovias, que sugerem soluções para o dimensionamento da via, nomeadamente no que concerne às características geométricas, aos pavimentos, à drenagem, à iluminação e à sinalização vertical e horizontal. Adicionalmente foram efectuadas algumas outras considerações de projecto que incluem disposições relacionadas com os parques de estacionamento e com as intersecções das ciclovias com outras vias.

Utilizando as orientações sobre as disposições de projecto já recolhidas, foi analisado um caso de estudo no qual foram avaliadas diferentes soluções de implementação, minimizando os custos e a intervenção na via pública necessária à construção desta infra-estrutura.

Espera-se com este projecto demonstrar a importância das ciclovias nas cidades actuais e promover o ciclismo em todas as suas formas, aumentando desta forma os benefícios para a sociedade e concretizando simultaneamente um projecto de requalificação urbana, contribuindo ainda para a criação de um documento de boas práticas de projecto de ciclovias.

**PALAVRAS-CHAVE:** bicicleta, ciclovias, ciclismo, transporte sustentável, disposições construtivas.



## **ABSTRACT**

Sustainability in urban transports and the rising concern with the environment makes cycle paths an important issue in the worldwide scenario, which explains the strong growth that these paths have been feeling, especially in the north European countries. The development of this paper is based on these new ideals, which led to a detailed analysis of some encouragement policies and some design guidelines related with cycle paths, using the information gathered to support a cycle path project in a selected area in the city of Porto.

In an early stage, a general framing of the infrastructures and the vehicles as been made, showing their influence as an urban transport vehicle and the impacts motivated by its growth, as well as the existing relation between the raise of travelled kilometres in existing cycle paths and the increase of cycling.

Analysing some international bibliography related to this theme, it was possible to gather and collect some recommendations associated to the design guidelines of cycle paths, in which some solutions are suggested to the design of the path, especially for the geometric characteristics, the pavements, the drainage, the lighting and the vertical and horizontal signs. Additionally some more design considerations were made, suggesting some layouts for the cycle parking and for the intersections of cycle paths with other roads.

Using the design guidelines previously collect, it was possible to analyse a case study in which were evaluated different solutions for implementation, minimizing the costs and the intervention in the construction of this infrastructure.

It is expected with this project to demonstrate the importance of cycle paths in the cities nowadays while promoting cycling in all of its forms, increasing the benefits felt by the society and simultaneously creating an urban requalification project, contributing for the creation of a guide for the development of bicycle facilities.

**KEYWORDS:** bicycle, cycle paths, cycling, sustainable transports, design guidelines.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
----------------------------	----------

<b>2. CONTRIBUTOS PARA A PROMOÇÃO DA BICICLETA COMO MEIO DE TRANSPORTE .....</b>	<b>5</b>
--	----------

2.1. A BICICLETA COMO MEIO DE TRANSPORTE SUSTENTÁVEL .....	5
2.2. CICLOVIAS E A PROMOÇÃO DO CICLISMO .....	11
2.3. IMPACTES DO USO DA BICICLETA .....	13
2.3.1. ECONÓMICO .....	13
2.3.2. SAÚDE .....	17
2.3.3. AMBIENTE .....	21
2.3.3. SEGURANÇA .....	23

<b>3. DISPOSIÇÕES PARA O PROJECTO DE CICLOVIAS .....</b>	<b>29</b>
--	-----------

3.1. ELEMENTOS DE BASE .....	29
3.1.1. VELOCIDADE DE PROJECTO .....	29
3.1.2. DISTÂNCIA DE PARAGEM .....	30
3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS .....	31
3.2.1. LARGURA DE VIA .....	31
3.2.2. DECLIVE .....	33
3.2.3. RAIOS MÍNIMOS HORIZONTAIS .....	35
3.3. PAVIMENTOS .....	36
3.4. SINALIZAÇÃO E MARCAÇÕES .....	41
3.5. DRENAGEM .....	45
3.6. ILUMINAÇÃO .....	46
3.7. PARQUES DE BICICLETAS .....	47
3.7. INTERSECÇÕES .....	50
3.8.1. INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS .....	51

3.8.2. INTERSECÇÕES SEMAFORIZADAS .....	55
3.8.2. INTERSECÇÕES GIRATÓRIAS .....	60

<b>4. PROJECTO DE CICLOVIA: Caso de estudo .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1. ENQUADRAMENTO E DESCRIÇÃO DAS ZONAS ESTUDADAS .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2. SECÇÕES ESTUDADAS .....</b>	<b>63</b>
4.2.1. TROÇO A – AVENIDA MONTEVIDEU ATÉ À RUA CORONEL RAÚL PERES .....	63
4.2.2. TROÇO B – RUA CORONEL RAÚL PERES ATÉ À RUA DO PASSEIO ALEGRE .....	66
4.2.2.1. Ciclovía adjacente à via principal .....	68
4.2.2.2. Ciclovía no passeio .....	71
4.2.3. TROÇO C – RUA DO PASSEIO ALEGRE ATÉ À RUA DO OURO .....	73
4.2.3. TROÇO D – RUA DO OURO ATÉ AO CAIS DA RIBEIRA .....	75
4.2.3. TROÇO E – AVENIDA GUSTAVE EIFFEL ATÉ AO FINAL DA AVENIDA DE PAIVA COUCEIRO .....	77
<b>4.3. ESTRUTURAS COMPLEMENTARES .....</b>	<b>79</b>
<b>4.4. MEDIÇÕES .....</b>	<b>80</b>

<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>83</b>
----------------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>85</b>
---------------------------	-----------

## **ANEXOS**

**ANEXO 1 – TIPOS DE PAVIMENTOS**

**ANEXO 2 – TROÇO A**

**ANEXO 3 – TROÇO B (CICLOVIA ADJACENTE À VIA PRINCIPAL)**

**ANEXO 4 – TROÇO B (CICLOVIA NO PASSEIO)**

**ANEXO 5 – TROÇO C**

**ANEXO 6 – TROÇO E**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Distribuição modal em função da distância a percorrer [7] .....	8
Fig.2.2 – Número de bicicletas existentes por mil habitantes na UE a 15 [5].....	9
Fig.2.3 – Quilómetros percorridos de bicicleta por habitante e por ano na UE a 15 [5] .....	9
Fig.2.4 – Composição adaptada para o armazenamento de bicicletas .....	11
Fig.2.5 – Organograma representativo dos custos e benefícios económicos originados pelo ciclismo	15
Fig.2.6 – Relação entre a actividade física e o risco de desenvolvimento de doenças crónicas [25] ...	18
Fig.2.7 – Prevalência da obesidade em crianças e os níveis de ciclismo em alguns países europeus [18].....	20
Fig.2.8 – Exposição aos poluentes por parte dos ciclistas e dos automobilistas [18] .....	21
Fig.2.9 – Comparação entre o risco de acidentes dos automobilistas e dos ciclistas segundo diferentes faixas etárias [5] .....	24
Fig.2.10 – Relação entre os quilómetros percorridos e a quantidades de fatalidades verificadas na Holanda [18] .....	25
Fig.2.11 – Relação entre o risco inerente ao ciclismo e os quilómetros percorridos em diferentes países da Europa [18] .....	26
Fig.2.12 – Consequências dos acidentes verificados para estradas com ciclovias de separador rígido e para estradas sem ciclovias ou com separador não rígido [18].....	27
Fig.3.1 – Distância mínima de paragem para diferentes velocidades base e declives da via presentes na publicação da AASHTO [34] .....	31
Fig.3.2 – Espaço de operação de um ciclista de acordo com a AASHTO [34] .....	32
Fig.3.3 – Perfil transversal típico de uma ciclovia anexa a uma estrada (AASHTO [34]).....	32
Fig.3.4 – Largura de faixa de uma ciclovia com dois sentidos de circulação (Caltrans [37]) .....	33
Fig.3.5 – Erupção da vegetação pelo pavimento.....	37
Fig.3.6 – Camada termoplástica delimitando a ciclovia.....	38
Fig.3.7 – Sinalização e Marcações usadas em Portugal [40] .....	45
Fig.3.8 – Exemplos de grelhas metálicas apropriadas para ciclovias .....	46
Fig.3.9 – Postes de iluminação alimentados por energia solar .....	47
Fig.3.10 – Tipo de suporte Sheffield proposto pelo Transport for London [36] .....	50
Fig.3.11 – Exemplos de diferentes tipos de parques e suportes .....	50
Fig.3.12 – Intersecção elevada de uma ciclovia com uma via secundária .....	52
Fig.3.13 – Intersecção de uma ciclovia diagonal em relação à via intersectada [34].....	54
Fig.3.14 – Intersecção de uma ciclovia adjacente a outra [34].....	54
Fig.3.15 – Ilha central para criação de zona de resguardo [34].....	55

Fig.3.16 – Sensores de passagem aplicados a ciclovias.....	56
Fig.3.17 – Linha de STOP avançada .....	58
Fig.3.18 – Bypass do sinal luminoso por parte da ciclovía [36].....	58
Fig.3.19 – Esquema de uma linha de stop avançada (Transport for London [36]) .....	59
Fig.3.20 – Ciclovía aplicada em rotunda .....	60
Fig.4.1 – Área de estudo .....	62
Fig.4.2 – Vista do Troço A .....	63
Fig.4.3 – Pavimento deteriorado .....	65
Fig.4.4 – Abatimento do pavimento.....	65
Fig.4.5 – Vista 1 do Troço B .....	66
Fig.4.6 – Vista 2 do Troço B .....	67
Fig.4.7 – Deficiências presentes no Troço B.....	67
Fig.4.8 – Pilarete Delimitador .....	71
Fig.4.9 – Vista do Troço C .....	73
Fig.4.10 – Deficiências presentes no Troço C .....	74
Fig.4.11 – Vista do Troço D .....	75
Fig.4.12 – Deficiente marcação da ciclovía .....	76
Fig.4.13 – Vista do Troço E .....	77
Fig.4.14 – Parque de aluguer de bicicletas .....	80

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Comparação dos diversos meios de transporte do ponto de vista ecológico em relação ao automóvel particular para uma deslocação equivalente em pessoas/quilómetro [5] .....	7
Quadro 2.2 – Comparação entre o peso das cicloviás em algumas cidades europeias .....	10
Quadro 2.3 – Impactes da implementação de redes ciclovias e estruturas complementares na promoção do ciclismo em diversas cidades europeias [14].....	12
Quadro 2.4 – Comparação entre o potencial de redução do risco de doenças com a prática de exercício moderado referido em diversos estudos (em percentagem) [18].....	19
Quadro 2.5 Efeitos na segurança em termos de acidentes e feridos após a construção de cicloviás [33].....	28
Quadro 3.1 – Velocidades base a adoptar segundo os tipos de via, presentes nas publicações analisadas .....	30
Quadro 3.2 – Comprimentos máximos admissíveis para diferentes declives de trineis segundo o Danish Roads Directorate [35] .....	34
Quadro 3.3 – Comprimentos máximos admissíveis para diferentes declives de trineis segundo a AASHTO [34].....	34
Quadro 3.4 – Raios mínimos de curvas em função do coeficiente de atrito e da sobrelevação sugeridas pela Caltrans [37].....	36
Quadro 3.5 – Soluções construtivas presentes na publicação do Transport for London [36] .....	39
Quadro 3.6 – Soluções construtivas sugeridas pelo Transport for London [36] .....	39
Quadro 3.7 – Sinais de obrigação sugeridos pelo Transport for London [36] .....	42
Quadro 3.8 – Sinais de informação relativos ao tráfego sugeridos pelo Transport for London [36] .....	43
Quadro 3.9 – Oferta de lugares em parques de bicicletas segundo Danish Roads Directorate [35] .....	49
Quadro 4.1 – Quadro resumo de quantidades a aplicar .....	81



## 1

## INTRODUÇÃO

As ciclovias são infra-estruturas exclusivas ao trânsito de bicicletas, nas quais é restringido o acesso a veículos motorizados, para que os seus utilizadores possam usufruir de um ambiente calmo, seguro e confortável para circular. Estas infra-estruturas podem designar-se de diferentes formas, como pistas, vias ou ecovias para ciclistas, necessitando apenas de marcações específicas que definam a sua localização e demarcação em relação à sua envolvente. Dentro destas vias existem algumas tipologias distintas com diferentes características, que dependem sobretudo do local onde se desenvolvem e do fim a que se destinam. A criação das ciclovias, a sua finalidade e as suas vantagens apresentam-se hoje em dia como um tema de grande discussão e discórdia entre os mais variados elementos das sociedades actuais, tendência que vem a ser seguida desde as primeiras referências existentes relativamente a estas infra-estruturas.

De acordo com os registos existentes, a primeira pista de bicicletas foi construída na Holanda em 1890, sendo esse o início de uma nova revolução urbana. Em 1895 foi construída em Nova Iorque a mais antiga ciclovia ainda existente, tornando-se esta infra-estrutura um fenómeno mundial, tendo-se disseminado nessa década por alguns outros países. Durante esta fase inicial a principal razão para a construção de ciclovias estava directamente relacionada com o conforto e facilidade de uso dos utilizadores.

Na fase pré segunda guerra mundial, verificaram-se grandes avanços na implementação de ciclovias, principalmente na Alemanha, onde a vontade de massificar o uso de carros privados colidia com a utilização de bicicletas na via pública. Durante esta época os ciclistas eram vistos como obstáculos para um melhor crescimento da indústria automóvel, sendo o principal objectivo dos países a segregação destes para vias secundárias, através da construção de novas infra-estruturas e da criação de leis de regulação do tráfego ciclista. Este novo lobby dos veículos motorizados espalhou-se por vários países europeus, originando um aumento significativo do número de quilómetros de ciclovia existentes e de grupos de ciclistas que iniciaram alguns movimentos contra esta segregação.

Após a segunda guerra mundial e com a continuação das políticas segregativas para com os ciclistas, o ciclismo foi perdendo importância de forma gradual, deixando mesmo de ser um meio de transporte significativo como fora outrora em países como a Alemanha. O número de ciclovias existentes começou a diminuir tanto neste país como no Reino Unido, e, por outro lado, construíram-se novos parques de estacionamento durante as décadas de 60 e 70, de forma a dar resposta ao grande crescimento da utilização de veículos motorizados. No sentido contrário seguiam os países nórdicos, privilegiando os veículos não motorizados em estruturas segregadas próprias.

Nas duas últimas décadas verificou-se um aumento exponencial no que concerne à utilização de bicicletas como meio de transporte e das ciclovias como local próprio para o seu trânsito. Nesta fase

deram-se início aos grandes projectos de algumas cidades como Bogotá, Dublin, Copenhaga e Amesterdão, de alguns países, como a Holanda, EUA e Canadá, e mesmo de todo um continente, como a Europa. Na raiz desta mudança está a nova relação das ciclovias e do uso da bicicleta em geral, com o recente movimento “verde”, que se baseiam em grandes projectos como o EuroVelo, o East Coast Greenway e o Trans-Canada Trail. As ciclovias tornaram-se instrumentos de minimização de impactos ambientais em contraponto com os automóveis, constituindo um contributo de grande importância para o cumprimento do Protocolo de Quioto. Durante esta fase e até aos nossos dias a questão da segregação das vias deixou de estar relacionada com a melhoria de condições para os veículos motorizados, mas sim com a segurança dos utilizadores das ciclovias.

O valor social e a importância da bicicleta para o funcionamento dos sistemas de transportes modernos foram sofrendo uma grande variação ao longo das últimas décadas, fruto também da consciência ecológica e de sustentabilidade que foi sendo adquirida pelas sociedades, que vem lentamente a substituir a rígida imagem de veículo de lazer a que esta se encontra ligada. Uma grande percentagem dos programas e das recomendações sobre sistemas de transportes urbanos apontam a bicicleta como uma das opções mais sustentáveis para deslocações de curta distância, incorporando-a não só no grupo de meios de transporte urbano, mas acima de tudo dando-lhe um papel preponderante num dado segmento de distâncias a percorrer.

Neste enquadramento, foi desenvolvido este projecto de ciclovias, representadas nas suas mais diversas vertentes, sendo estudados os benefícios, os impactes, a utilização bem como as disposições construtivas, complementando-se esta análise com um caso de estudo aplicado na cidade do Porto.

Ao longo do capítulo 2, apresentado de seguida, são desenvolvidas formas de promoção desta importante vertente de meio de transporte que a bicicleta retomou após longos anos de ostracismo por parte das populações e das entidades decisoras de grande parte dos países desenvolvidos. Primeiramente é efectuada uma análise global aos transportes sustentáveis e às políticas em que estes se englobam, comparando-se os diferentes tipos de veículos e a sua distribuição modal, evidenciando o segmento em que a bicicleta pode ser mais preponderante. São ainda apresentados e analisados diversos dados sobre o parque de bicicletas existente, os quilómetros percorridos pelos seus utilizadores e a extensão de infra-estruturas a elas dedicadas em diversos países europeus, facilitando a análise da influência destes factores na utilização da bicicleta como modo de transporte. De seguida, é analisada a aposta de variadas autoridades internacionais na construção de ciclovias como forma de promoção do ciclismo, referindo as medidas aplicadas bem como os resultados obtidos. A finalizar este capítulo são estudados os impactes do uso da bicicleta em diferentes áreas sociais, como a economia, o ambiente, a saúde e a segurança, que justificam os benefícios para toda a sociedade decorrentes de um crescimento modal da utilização deste modo de transporte.

Depois de efectuada esta exposição sobre a promoção da bicicleta como meio de transporte, numa análise mais vocacionada para as políticas de intervenção, que se englobam nas responsabilidades das autoridades locais, foi efectuada uma compilação sobre disposições de projecto aplicáveis em ciclovias, expostas no capítulo 3. Esta parte do presente trabalho apresenta-se como a base para o projecto que será desenvolvido no caso de estudo, revestindo-se de especial importância pelo facto de não existir no nosso país um estudo ou publicação de referência sobre esta área que seja utilizado como manual de boas práticas. O estado da arte foi realizado com base em quatro grandes publicações internacionais de entidades estatais provenientes de países com grande experiência no desenvolvimento e na construção de infra-estruturas ciclovárias. Foram analisadas e comparadas as recomendações dadas por cada uma destas publicações de forma a dar uma maior liberdade ao projectista relativamente às suas escolhas, podendo este, dentro da grande gama de valores sugeridos como mínimos ou recomendados, seleccionar os que melhor se adaptam às características do projecto

a desenvolver. As boas normas presentes neste capítulo, que se deverão aplicar às ciclovias, possuem grandes semelhanças com as exigências gerais dos projectos de estradas, versando temas como características geométricas e alguns elementos base, pavimentos, sinalizações e marcações, drenagem, iluminação e estruturas complementares como parques de estacionamento. Adicionalmente, foram estudadas as intersecções entre bicicletas e veículos motorizados, que assumem uma particular importância nas ciclovias urbanas, onde se expõem algumas das situações mais críticas assim como sugestões de metodologias de mitigação para os possíveis conflitos.

Após terem sido estudadas as políticas e as disposições construtivas sugeridas pelas entidades de referência nesta área, procedeu-se ao desenvolvimento do projecto de ciclovia propriamente dito, analisando um caso de estudo localizado na cidade do Porto. Este caso de estudo foi desenvolvido em parceria com a Câmara Municipal do Porto, em particular com o Departamento Municipal de Trânsito e Intervenção na Via Pública, sendo analisado um troço na zona ribeirinha desta cidade no qual se propôs implantar uma ciclovia de considerável extensão. Todas as informações relativas a este projecto encontram-se no capítulo 4 deste trabalho, com todas as plantas e perfis respectivos a serem remetidos para anexo. Neste tópico é efectuado um enquadramento geral das zonas analisadas e das suas especificidades, ao qual se sucede a descrição pormenorizada das opções construtivas tomadas para cada um dos troços, definidos anteriormente a partir das suas características específicas. De seguida é feita uma pequena abordagem meramente informativa de estruturas complementares a utilizar, finalizando-se com algumas conclusões retiradas após a elaboração do projecto bem como um quadro resumo de quantidades a considerar.

Em anexo encontram-se todas as plantas e perfis relativos ao caso de estudo analisado, estando organizados de acordo com as diferentes secções consideradas, sendo complementadas por alguns pormenores construtivos de alguma relevância.





## 2

## CONTRIBUTOS PARA A PROMOÇÃO DA BICICLETA COMO MEIO DE TRANSPORTE

### 2.1. A BICICLETA COMO MEIO DE TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

A bicicleta faz parte de um grande grupo de meios de transporte de diferentes características, que são sugeridos no âmbito do desenvolvimento sustentável das sociedades e das cidades, dando ao mesmo tempo garantias de mobilidade e acessibilidade aos seus utilizadores.

Durante a década de 80 e com a publicação da estratégia mundial de conservação pela União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais, devido ao reconhecimento dos crescentes problemas ambientais, foi pela primeira vez utilizado o termo desenvolvimento sustentável. Este termo traduz-se num processo socio-ecológico caracterizado pela satisfação das necessidades humanas sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades. Apesar de normalmente associado a questões ambientais, o desenvolvimento sustentável engloba outras vertentes, já que o bem-estar ambiental e social tem impacto directo na economia. Assim, será importante atingir um ponto de equilíbrio entre estes factores, tendo em consideração três pilares base para o desenvolvimento sustentável: o desenvolvimento económico, o desenvolvimento social e a protecção ambiental.

Os transportes são uma das áreas de grande influência e impacte no desenvolvimento sustentável, sendo mesmo essenciais para a maior parte das actividades urbanas, o que torna essencial a melhoria dos sistemas de transportes mas também a redução da quantidade de viagens necessárias. No entanto, a consideração da sustentabilidade nos transportes acarreta dificuldades acrescidas, já que é um conceito vago, tendo utilidade mais como orientação geral do que como um sistema que poderá efectivamente ser construído. Para uma melhor análise e de forma a clarificar a sustentabilidade dos transportes, foi sugerido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico uma análise inversa, com o objectivo de avaliar a insustentabilidade destes, o que torna o processo mais objectivo e simples. É facilmente perceptível que nem sempre é possível afirmar com certeza que um processo ou uma medida são sustentáveis, no entanto esta certeza aumenta se nos referirmos à tomada de medidas preventivas para o combate a situações que se revelam como claramente insustentáveis.

Com uma breve análise às políticas de transportes aplicadas na generalidade dos países mundiais no decorrer das últimas décadas, facilmente se conclui que estas seguiram um rumo que as torna insustentáveis em termos de recursos consumidos, do desperdício energético, da poluição e do declínio do nível de serviço apesar do crescente investimento. O corrente aumento do uso de veículos motorizados sobrecarrega cada vez mais as cidades com crescentes problemas e custos relacionados

com o congestionamento, os acidentes, a perda de conforto e espaço, o ruído, a fraca qualidade de vida, fracas acessibilidades, poluição, baixa qualidade do ar e de consumo de energia, possuindo efeitos adversos tanto no ambiente natural como no urbano [1] [2]. O desenvolvimento das redes de transportes baseou-se durante muito tempo na construção de infra-estruturas físicas de transportes que conduziram a níveis insustentáveis de tráfego e utilização desmesurada de recursos. Com o desenvolvimento insustentável das redes criam-se impactes de ordem social, que terão interferência no equilíbrio socio-económico das regiões provocando um anormal êxodo de pessoas de determinados locais.

Com o objectivo de fomentar a utilização de transportes sustentáveis, a União Europeia através da Direcção-Geral da Energia e dos Transportes [3], lançou um programa centrado essencialmente nos transportes urbanos, visando:

- Veículos e combustíveis limpos;
- Restrições de acesso;
- Transportes de passageiros colectivos;
- Transportes urbanos de mercadorias;
- Redução da intensidade de utilização de veículo próprio;
- Medidas mitigadoras;
- Gestão de transportes.

A bicicleta e a sua utilização como meio de transporte enquadram-se em vários dos tópicos acima referidos, demonstrando a sua importância no desenvolvimento da sustentabilidade nos transportes e sendo um dos poucos processos que são transversais a todos eles. Este meio de transporte é comparativamente com a grande maioria, mais saudável, menos poluente, de menor custo permitindo ainda uma maior mobilidade, sendo no entanto marginalizado ao longo de muitos anos no planeamento urbano e de transportes. É facilmente compreensível que as melhorias na saúde, a redução dos gases de efeito de estufa e a dependência em relação aos transportes baseados em combustíveis fósseis são directamente influenciadas pela percentagem de viagens efectuadas de bicicleta, devendo estas ser potenciadas através de uma efectiva promoção, planeamento e fornecimento de infra-estruturas. Com um aumento da utilização da bicicleta como transporte pessoal, obtêm-se relativamente a outros meios de transporte consideráveis melhorias em termos ambientais, económicos e sociais, dos quais se destacam [4]

- Melhoria em termos de saúde e segurança – com a substituição da utilização de automóvel próprio pela bicicleta, aumenta a segurança da comunidade em geral verificando-se uma redução nos impactes sobre a saúde devido à poluição reduzindo simultaneamente o risco de doenças já que melhora a forma física dos seus praticantes;
- Transportes ambientalmente amigáveis – minimização dos impactes ambientais com a redução das emissões de poluentes para a água e para o ar;
- Redução da vulnerabilidade em relação aos combustíveis fósseis – com a crescente utilização das bicicletas como veículo movido a energias renováveis, verifica-se uma redução na dependência em relação aos combustíveis fósseis e na sua vulnerabilidade em termos de custos, segurança e reservas naturais;
- Equidade e comunidade – melhoria na interacção e segurança das comunidades, oferecendo simultaneamente um menor custo e maior acessibilidade de transporte para um diferente leque de viagens e idades dos utilizadores;
- Eficiência – A utilização das bicicletas requer menos espaço e menores infra-estruturas que os veículos motorizados, podendo contribuir para a redução do congestionamento do tráfego maximizando a eficiência dos sistemas de transporte;

Quadro 2.1 – Comparação dos diversos meios de transporte do ponto de vista ecológico em relação ao automóvel particular para uma deslocação equivalente em pessoas/quilómetro [5]

Base = 100 (automóvel particular sem catalisador)

						
Consumo de espaço	100	100	10	8	1	6
Consumo de energia primária	100	100	30	0	405	34
CO <sub>2</sub>	100	100	29	0	420	30
Óxidos de azoto	100	15	9	0	290	4
Hidrocarbonetos	100	15	8	0	140	2
CO	100	15	2	0	93	1
Poluição atmosférica total	100	15	9	0	250	3
Risco de acidente induzido	100	100	9	2	12	3

\* = Automóvel com catalisador. É necessário recordar que o catalisador apenas é eficaz quando o motor está quente. Nas curtas distâncias percorridas em cidade, não se pode contar com o real benefício antipoluição.  
 Fonte: Relatório UPI, Heidelberg, 1989; citado pelo Ministério alemão dos transportes.

No quadro 2.1 encontram-se representados alguns dos diferentes impactes provocados por diversos modos de transporte, tanto pessoais como colectivos, estando os valores comparativos indexados a um valor de base por pessoa e por quilómetro (100) para os veículos automóveis. Após uma breve análise ao quadro é possível constatar a supremacia da bicicleta em relação ao automóvel com ou sem adição de um conversor catalítico, ao autocarro, ao avião e ao comboio em praticamente todos os impactes apresentados. Nos pontos directamente relacionados com os impactes ecológicos, tal como já foi referido, a bicicleta é um transporte que não emite qualquer tipo de gás com efeito estufa ou nefasto para a saúde humana, associando simultaneamente a este factor uma pequena ocupação de espaço e um reduzido risco de acidentes.

O ciclismo é o modo de transporte mais eficiente em termos energéticos e de custo efectivo, o que o torna no meio de deslocação mais atractivo para curtas distâncias, principalmente em meios urbanos. Aliada a estas características encontra-se a fácil acessibilidade das populações à bicicleta como meio de transporte, o que explica a existência de um maior número destes veículos em comparação com os automóveis, existindo na UE aproximadamente 200 milhões de bicicletas em utilização comparativamente com 160 milhões de carros registados [6]. Apesar de existirem em maior número, a distribuição modal do ciclismo neste continente encontra-se dentro do intervalo de 5-10% das viagens, um valor relativamente elevado comparativamente com a utilização do comboio, 5 vezes mais viagens e relativamente ao avião, 50 vezes mais [6]. No entanto, em certos países este valor aproxima-se e ultrapassa os 20%, nomeadamente no caso da Holanda e da Dinamarca (European Local Transport Information Service, 2003). O potencial de crescimento do ciclismo como meio de transporte urbano e para curtas distâncias dentro da UE pode ser avaliado pela percentagem de viagens extremamente curtas que são efectuadas por veículos motorizados e que poderão ser efectuadas utilizando a bicicleta, cerca de 30% para distâncias inferiores a 2 km e 50% para distâncias menores que 5 km [6]. Facilmente se compreende que a distância a percorrer é um dos factores que mais condicionam o uso

da bicicleta como meio de transporte diário nas cidades, existindo variados estudos que corroboram esta influência. Os resultados apresentados demonstram que existe uma forte adesão à utilização da bicicleta para distâncias até 5 km, visto que para valores superiores existe um grande aumento do tempo e esforço dispendido pelos seus utilizadores. A título exemplificativo e com base num estudo efectuado na zona de Frankfurt/Rhein-Main foi obtida a distribuição modal em função da distância a percorrer, a partir da qual foi possível obter o gráfico presente na figura 2.1, que evidencia o peso que a bicicleta pode atingir nos transportes urbanos para curtas distâncias (até 5 km).

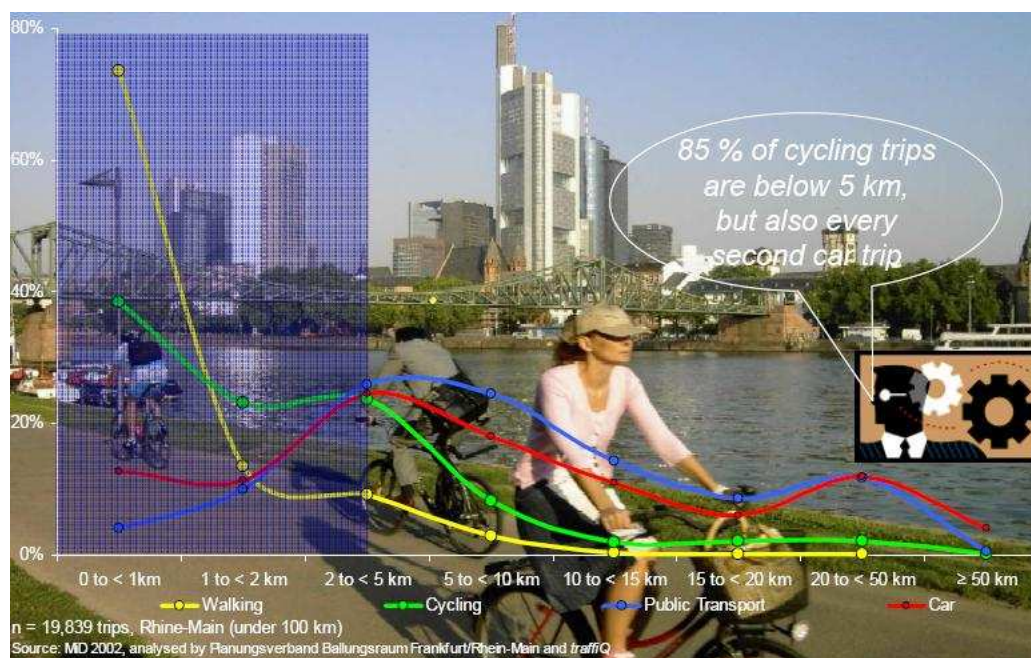


Fig.2.1 – Distribuição modal em função da distância a percorrer [7]

A utilização da bicicleta como meio de transporte sustentável é uma realidade em diversas cidades mundiais, mas a sua utilização possui uma grande variação de país para país. Em termos europeus, o valor médio da distância percorrida por ano por cada cidadão é de aproximadamente 275 km (ver figura 2.3), com o valor máximo a ser registado nos países baixos e nórdicos com cerca de 1000 km percorridos por cidadão e o valor mínimo nos países do sul da Europa, entre os quais se encontra Portugal, com uma média de 100 km percorridos por cidadão [8]. As figuras 2.2 e 2.3 apresentam alguns dados importantes para uma melhor análise da utilização da bicicleta em diversos países europeus, sendo apresentados indicadores relativos ao parque de bicicletas existente, através do número de bicicletas por cada mil habitantes, e ao número de quilómetros por ano percorridos por cada cidadão, dados relativos a 1991 e 1995 respectivamente. Analisando em conjunto as figuras 2.2 e 2.3 é perceptível que países como a Dinamarca e a Holanda possuem um grande parque de bicicletas bem como um elevado número de quilómetros percorridos por habitante. Para grande parte dos restantes países, entre os quais se encontra Portugal, e comparando-os entre si, verifica-se a existência de um número de bicicletas considerável que apenas aguarda por uma maior utilização, o que reforça a ideia de que os recursos existentes se encontram desaproveitados.

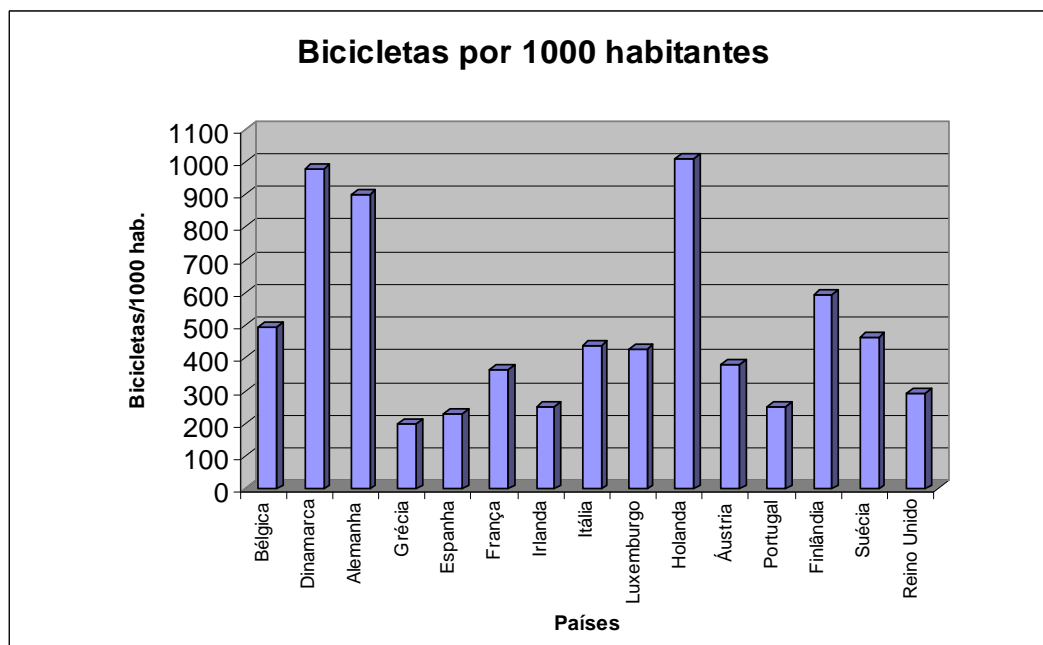


Fig.2.2 – Número de bicicletas existentes por mil habitantes na UE a 15 [5]

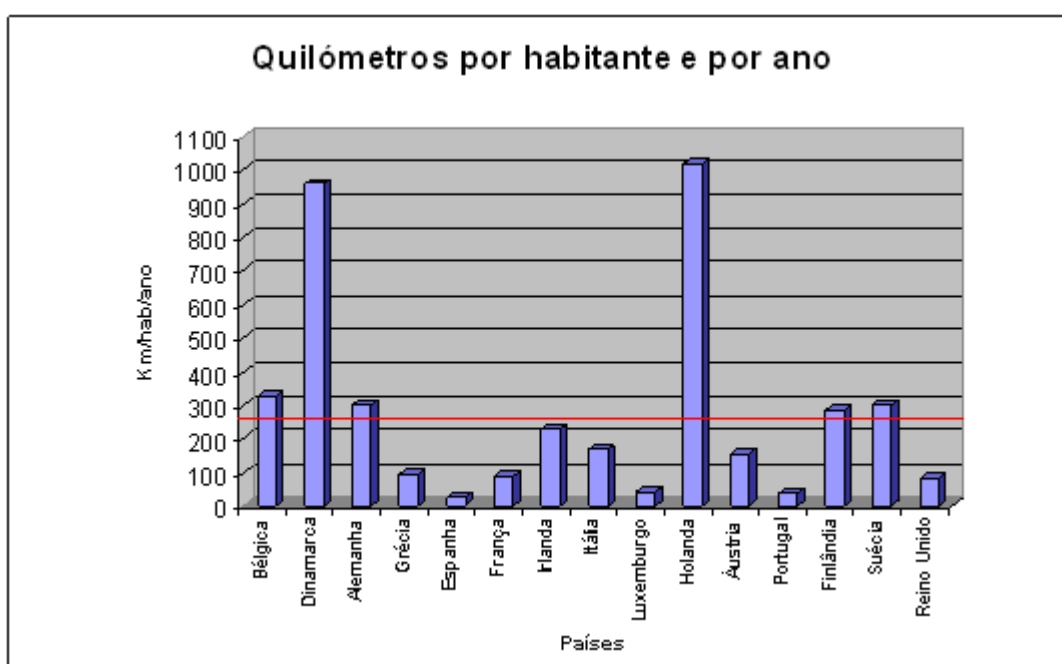


Fig.2.3 – Quilómetros percorridos de bicicleta por habitante e por ano na UE a 15 [5]

A existência de ciclovias não é por si só uma garantia de uma maior percentagem de viagens efectuadas utilizando a bicicleta, sendo no entanto um factor importante para o crescimento deste modo de transporte. No quadro 2.2 encontram-se representados os valores da extensão e da densidade (definido como a razão entre a extensão e a área das cidades) das ciclovias bem como da percentagem de viagens efectuadas de bicicleta em diversas cidades europeias. Uma breve análise a este quadro permite verificar que existe uma grande discrepância tanto entre a densidade das ciclovias nas cidades

como entre a distribuição modal que se verifica em cada uma delas. A maior parte dos locais analisados possui densidades da mesma ordem de grandeza, destacando-se as cidades de Amesterdão, Munique e sobretudo Copenhaga com um valor próximo dos 4 km de ciclovias por cada km<sup>2</sup> de área. Relativamente à percentagem de viagens efectuadas por bicicleta, os valores apresentados apresentam uma grande variação, não existindo uma correlação muito bem definida entre a densidade ou a extensão das ciclovias e a distribuição modal. Todas estas cidades têm como objectivo o aumento dos valores de viagens efectuadas por bicicleta num período de 5 a 15 anos, para percentagens em alguns casos próximas dos 50%, nos casos de Munique e Copenhaga. Em relação ao município do Porto, a percentagem de viagens efectuadas por bicicleta é da ordem dos 0,5%, existindo apenas uma ciclovias com extensão de 8,3 km apresentando a cidade uma densidade de 0,2 km/km<sup>2</sup>, valores claramente inferiores aos exemplos apresentados.

Quadro 2.2 – Comparação entre o peso das ciclovias em algumas cidades europeias

Cidade	Extensão total de ciclovias (km)	Densidade de ciclovias (km/km <sup>2</sup> )	Distribuição modal do ciclismo (%)
Londres	800	0,51	3
Copenhaga	350	3,97	36
Munique	708	2,28	10
Amesterdão	400	1,8	40
Berlim	800	0,90	12
Trondheim	220	0,64	18

A utilização das bicicletas nos espaços urbanos enquadra-se numa perspectiva de intermodalidade que deve ser aplicada com o objectivo de garantir a evolução sustentável das cidades. É importante ver o ciclismo e os transportes públicos não como potenciais adversários mas antes como modos de transporte complementares e sustentáveis [9]. Esta combinação entre as bicicletas e os diferentes tipos de transporte público apresentam-se como uma alternativa viável ao uso do automóvel principalmente para viagens de longa duração, garantido a acessibilidade e mobilidade dos seus utilizadores. As bicicletas com a sua função primordial de acessibilidade deverão ser combinadas com meios de transporte que lhe possam fornecer mobilidade, sendo utilizados para esta função o autocarro e o comboio. A combinação bicicleta-comboio tem vindo a tornar-se cada vez mais importante em países com elevada densidade populacional onde os cidadãos usam o comboio como meio de transporte principal para se deslocarem para o trabalho. Aliado a elevados valores de utilização da bicicleta como meio de transporte encontram-se investimentos efectuados pelas autoridades locais em parques de estacionamento nas estações de caminhos-de-ferro bem como na melhoria de condições para o transporte de bicicletas nas suas composições (figura 2.4). Na UE existem em média cerca de 500 mil pessoas (7% dos utilizadores diários dos comboios) que utilizam a bicicleta diariamente para se deslocarem de casa até às estações e cerca de 100 mil pessoas utilizam-na para a deslocação do comboio até ao destino final [10]. Em alguns países, particularmente no norte da Europa, a distribuição modal deste tipo de combinação atinge valores próximos dos 30%, no caso da Holanda, sendo um tipo de modalidade pouco desenvolvida no sul do continente.





Fig.2.4 – Composição adaptada para o transporte de bicicletas

## 2.2. CICLOVIAS E A PROMOÇÃO DO CICLISMO

A experiência internacional e os dados obtidos em diversos países têm demonstrado que os níveis de ciclismo são de alguma forma condicionados pela existência de infra-estruturas próprias para a sua prática, tanto a nível recreativo como a nível de modo de transporte urbano, existindo mesmo um precedente histórico para o uso de ciclovias como meio de promoção do ciclismo [11]. A aposta de diversos países em melhorar a sua rede de ciclovias com o objectivo de fomentar o ciclismo tem constantemente colidido com uma corrente de opiniões que acredita que as ciclovias não só não promovem o ciclismo, como o tornam mais perigoso e menos atractivo, sobretudo devido à sua componente de segregação. Apesar da existência de alguns detractores, várias cidades mundiais têm apostado nas ciclovias e nas suas potencialidades de promoção do ciclismo, recebendo o apoio de uma larga percentagem da sociedade, já que de acordo com um estudo efectuado no âmbito do projecto europeu WALCYNG [12], os cidadãos europeus foram questionados sobre as maiores barreiras à promoção do ciclismo. Concluiu-se que praticamente 50% das respostas dadas pelos utilizadores de bicicletas menciona a insuficiência de rede ciclovitária como o maior obstáculo, valor apenas ultrapassado pelas respostas dos utilizadores de automóveis, que apontam o mesmo obstáculo para a promoção do ciclismo [13]. Estes valores indicam que uma grande percentagem dos utilizadores dos sistemas de transportes olham para as ciclovias como a mais importante medida de promoção de ciclismo a ser aplicada pelas autoridades competentes.

Uma das componentes de ciclismo que sofre por norma um acentuado crescimento com a criação de ciclovias é a recreativa, existindo mesmo tipologias específicas de ciclovias que são aplicadas para esta função. Em diversos locais foram implementados programas que visam incentivar o ciclismo como forma de recreação social, introduzindo ciclovias em meios rurais, possibilitando aos ciclistas desfrutar do contacto com a natureza enquanto circulam na via. Estes programas, nomeadamente o Rail Trail nos EUA ou o equivalente em Portugal, as Ecopistas, que consistem na transformação de linhas de caminhos-de-ferro desactivadas em ciclovias e o EuroVelo na Europa estão directamente vocacionados para o ciclismo recreativo, registando uma grande aderência por parte das populações locais originando até um considerável aumento do fluxo de cicloturistas nestas zonas.

No âmbito do desenvolvimento urbano sustentável é cada vez maior a importância dada pela sociedade ao crescimento da utilização de transportes considerados sustentáveis. Neste panorama, o ciclismo e a sua promoção possuem uma grande relevância tendo em conta a ameaça à qualidade de

vida originada pelo aumento descontrolado do tráfego automóvel. A constante necessidade de revitalizar as áreas urbanas e restringir o tráfego automóvel demonstrada pelos decisores locais e planeadores urbanos, leva a que se considerem soluções alternativas para o transporte urbano, principalmente de curtas distâncias, já que são responsáveis por uma grande parte das deslocações nas cidades, surgindo o ciclismo e a caminhada como as soluções mais sustentáveis. Com a utilização do automóvel já tão enraizada na sociedade moderna, será necessária a promoção das soluções alternativas para que estas sejam vistas como alternativas válidas e não apenas como formas de lazer. A existência de ciclovias é um dos factores que mais influencia o crescimento do ciclismo como meio de transporte urbano, tal como refere o relatório relativo ao projecto europeu WALCYNG [12], que sugere que as infra-estruturas para a circulação de bicicletas devem ser moldadas para que se tornem atractivas, melhorando simultaneamente a segurança devendo ser alvo de um constante processo de melhoria.

No quadro 2.3 são apresentadas diversas medidas directamente relacionadas com ciclovias aplicadas em algumas cidades europeias que apresentam uma densa rede cicloviária (até um terço da rede viária local) e a sua influência em termos da evolução da percentagem de viagens de bicicleta efectuadas nesses locais, antes e depois da aplicação das medidas [14]. Observando os dados presentes no quadro 2.3 é evidente o sucesso obtido pela aplicação das medidas implementadas para uma variedade de cidades com uma grande gama de climas, usos do solo, densidades e topografias.

Quadro 2.3 – Impactes da implementação de redes cicloviárias e estruturas complementares na promoção do ciclismo em diversas cidades europeias [14]

Cidade	Medidas aplicadas	Aumento da percentagem de viagens efectuadas por bicicleta
Hanover	450 km de ciclovias (de um total de 1360 km) e criação de parques de bicicleta no centro da cidade	9% (1979) para 16% (1990)
Munster	340 km de ciclovias, 3300 lugares de parque na estação de caminhos-de-ferro com possibilidade e parques de aluguer de bicicletas	29% (1981) para 43% (1992)
Munique	Rede cicloviária com 700 km (de um total de 2300 km) com 22000 lugares de estacionamento na cidade e projecto para a construção de mais parques nas estações	4% (1980) para 13% (2002)
Zurique	Rede cicloviária com 246 km (de um total de 737 km)	7% (1981) para 11% (2001)
Graz	220 km de ciclovias com parques de estacionamento dos interfaces de transportes públicos	7% (1979) para 17% (1999)
Viena	Extensão da rede cicloviária de 200 km em 1991 para 900 km em 2002 (de um total de 2730 km)	1,5% (1991) para 4,5% (2001)
York	Abertura da ponte Millenium com ciclovia incluída	Aumento de 17% das viagens de atravessamento do rio

Apesar da relação entre a melhoria das redes cicloviárias e o crescimento das viagens efectuadas por bicicleta ser inequívoca, este não é necessariamente originado somente pelo aumento do número de quilómetros de via destinada à circulação de bicicletas. Os valores apresentados no quadro 2.3 são



refutados por alguns estudos de longo prazo efectuados no Reino Unido e na Dinamarca, que concluem que não existem evidências entre a construção de ciclovias e a distribuição modal do ciclismo [15] [16]. Apesar de aparentemente contraditórias relativamente a dados concretos de várias cidades europeias, como Copenhaga, em que segundo as autoridades locais quando se constrói uma nova ciclovia o número de ciclistas na zona abrangida aumenta cerca de 20% e o de automóveis cai 10%, as conclusões apresentadas pelos estudos demonstram que por si só a criação de um troço de ciclovia não contribui para o crescimento do ciclismo como modo de transporte. Estes estudos não põem em causa a construção da ciclovia como forma de potenciar o ciclismo, mas demonstram que a implementação destas nos meios urbanos deve obedecer a um planeamento e concepção enquadrados no âmbito da criação de uma rede ciclovária extensa e abrangente, que permita atingir níveis de mobilidade e acessibilidade semelhante a outros modos de transporte. Assim, as ciclovias devem ser vistas como parte integrante de uma rede ciclovária e de uma política de optimização dos transportes, devendo ser complementadas por outro tipo de medidas relacionadas com a promoção do ciclismo, para garantir o respectivo crescimento da distribuição modal.

Acima de todos os investimentos feitos pelas autoridades locais na melhoria desta infra-estrutura, encontra-se a mudança de mentalidade das populações no que se relaciona com a utilização da bicicleta como modo de transporte. É por demais evidente que a construção das ciclovias é um dos primeiros passos a efectuar no sentido da mudança de mentalidades, de modo a demonstrar o caminho a seguir no futuro, mas estas medidas devem ser acompanhadas por outras acções complementares que fomentem o próprio uso das ciclovias ou limitem a utilização de outros meios de transporte em detrimento da bicicleta. Cidades com grandes percentagens de uso de bicicletas na sua distribuição modal, como Salsburgo, Groningen e Basileia, associaram à melhoria das suas redes de ciclovias medidas como a abolição do estacionamento nos seus centros urbanos, a redução dos espaços dedicados aos automóveis substituindo-os por faixas cicláveis ou de bus e a redução dos parques de estacionamento privados de empresas. Segundo o estudo europeu WALCYNG [12], as medidas de promoção do ciclismo podem-se enquadrar em três grandes áreas: as medidas técnicas, as medidas políticas e as medidas de promoção pública. Na primeira classe encontram-se a melhoria das redes de ciclovias e infra-estruturas complementares, nas medidas políticas as principais sugeridas e aplicadas pelos vários países europeus são as restrições ao estacionamento e à circulação de automóveis no centro da cidade, a redução da velocidade dos automóveis e a implementação de portagens urbanas. Na área das medidas de promoção pública, os diversos países europeus inquiridos referem as campanhas acerca dos efeitos positivos do ciclismo, criação de mapas da rede ciclovária existente, fornecimento de bicicletas para os empregados municipais, etc. A existência de ciclovias é por si só potenciadora do ciclismo, no entanto, de forma a maximizar o impacte da construção destas infra-estruturas na distribuição modal de uma dada região, é aconselhável que sejam complementadas por outras medidas de ordem política ou de promoção pública, englobando as ciclovias numa política de transporte mais abrangente.

## **2.3. IMPACTES DO USO DA BICICLETA**

### **2.3.1. ECONÓMICO**

A implementação da bicicleta nas sociedades bem como de todas as suas infra-estruturas dedicadas possui um impacte económico na região onde se localiza, à semelhança de outros modos de transporte. A consideração deste facto é de grande importância, visto que é um dos principais métodos de selecção que os decisores locais utilizam para orientar as suas políticas de investimento, tentando estes

fazer investimentos que a curto, médio ou longo prazo sejam proveitosos também em termos económicos.

É comumente aceite por grande parte da sociedade que o ciclismo possui grandes vantagens e deve ser praticado por todos e em maior quantidade. Apesar deste sentimento generalizado é bastante mais difícil especificar e quantificar o tipo e a escala dos benefícios que podem ser conseguidos com um aumento da distribuição modal do ciclismo. Hoje em dia e com o aparecimento de variados estudos sobre o impacto económico do ciclismo torna-se mais claro que existem benefícios reais e quantificáveis para a sociedade, devendo estes ser considerados em conjunto, de forma a ser possível entender todo o potencial da bicicleta e da sua utilização. O impacto destes benefícios é transversal a todos os intervenientes, beneficiando quem participa, novos ou velhos, empregadores ou empregados, o serviço de saúde, o ambiente, as comunidades, etc. Os benefícios a considerar resultantes de um aumento das viagens de bicicleta segundo vários autores como Saelensminde [17], Ege e Krag [18] e algumas publicações de entidades locais, podem ser agrupados em quatro pontos principais: as melhorias na saúde, no ambiente, na segurança e na fluidez das vias. Existem alguns outros impactos que não devem ser negligenciados que se encontram relacionados com o crescimento do ciclismo mas que possuem uma dificuldade acrescida na sua quantificação económica, como a qualidade de vida e regeneração urbana devida à redução do tráfego automóvel, o combate à exclusão social com o acesso a modos de transporte mais acessíveis a todos e a melhoria do conforto dos ciclistas com o investimento em infra-estruturas de apoio. Os custos inerentes ao investimento necessário com vista ao crescimento e promoção do ciclismo podem ser repartidos em custos de construção de infra-estruturas, custos de manutenção e custos de promoção.

Na figura 2.5 encontra-se representado um organograma relativo à análise custo-benefício, especificando os factores quantificáveis economicamente que são considerados em vários estudos, na base dos quais se pode analisar a viabilidade económica de algumas políticas e investimentos. Grande parte das análises económicas já feitas para ciclovias baseiam-se nestes parâmetros, aos quais são atribuídos valores que possuem uma considerável variação dependente das regiões e dos pesos dados às diversas características regionais, o que torna os resultados dos estudos meramente indicativos de uma realidade que poderá sofrer algumas variações dificilmente quantificáveis com exactidão. Ao se observar a figura 2.5 é possível verificar que no caso dos benefícios, o factor que inicia e que origina as melhorias subsequentes é o aumento das viagens de bicicleta. Este aumento de viagens leva a imediatas melhorias na saúde dos seus utilizadores, o que origina a redução do absentismo, já que é esperado que este desça com aumento da actividade física, funcionando como benefício económico para o empregador. Outra vantagem em termos de saúde decorre da melhoria do estado físico dos utilizadores da bicicleta como consequência de uma maior actividade física, o que reduz o risco de mortalidade prematura [19] e de obesidade, devido à menor incidência de algumas doenças como o cancro e as diabetes. A redução do risco de contracção destas doenças traduz-se economicamente numa redução dos gastos com medicamentos, tratamentos e perdas de produtividade, para além da provável redução do número de mortos, que é também em si um ganho económico quantificável para a sociedade. O aumento das viagens de bicicleta possui ainda uma outra consequência directa, relacionada com a redução dos quilómetros percorridos pelos automóveis e autocarros, que são condição necessária para a criação de benefícios. Um destes benefícios é a maior e melhor fluidez rodoviária, consequência da redução do número de veículos que percorrem as vias, influenciando directamente a redução dos tempos de viagem para os utilizadores de automóveis e transportes públicos, aumentando assim a sua produtividade com a redução dos tempos perdidos em viagem. Aliado a este benefício encontra-se um outro relacionado com as melhorias de segurança que se verificam nas vias, já que com o investimento feito para aumentar as viagens de bicicleta, nomeadamente em termos de construção de ciclovias e de melhoria das intersecções existentes, é

provável a redução da taxa de acidentes envolvendo ciclistas. Os acidentes graves entre veículos motorizados sofre também uma redução, já que com a diminuição dos quilómetros percorridos por estes veículos é provável que se verifique uma queda na taxa de sinistralidade, garantindo um ganho económico para a sociedade. O último benefício facilmente identificável e decorrente de uma redução do número de quilómetros percorridos por automóvel ou autocarro está relacionado com as melhorias ambientais. Como se observa na figura 2.5, estas melhorias são consequência da redução das emissões de CO<sub>2</sub> e da poluição sonora, sendo estas tanto maiores quanto maior for a quantidade de quilómetros poupados por veículos motorizados, podendo-se traduzir economicamente estes valores ao indexar um custo ao valor do CO<sub>2</sub> e da poluição sonora.

Contrariamente aos benefícios, o cálculo dos custos é de mais fácil obtenção, com o seu total a ser o somatório de todos os investimentos feitos para aumentar a distribuição modal do ciclismo numa dada região. Estes custos podem-se dividir em três grandes grupos de diferentes características, tal como se encontra representado no organograma da figura 2.5, onde a construção de infra-estruturas, a sua manutenção e as medidas de promoção do ciclismo são as áreas que contribuem para obter o valor total dos custos a utilizar na análise custo-benefício. Os custos de construção referem-se ao investimento feito na construção e melhoramento da rede de ciclovias e estruturas complementares como parques de bicicletas, os de manutenção relacionam-se com as operações de manutenção necessárias nas ciclovias existentes e os custos de promoção estão ligados aos gastos em actividades promocionais como eventos de ciclismo e cicloturismo, em informação direccionada para os utilizadores das redes cicloviárias como a criação de mapas e em operações de marketing junto da população como a criação de aulas nas escolas, para treino de futuros ciclistas.

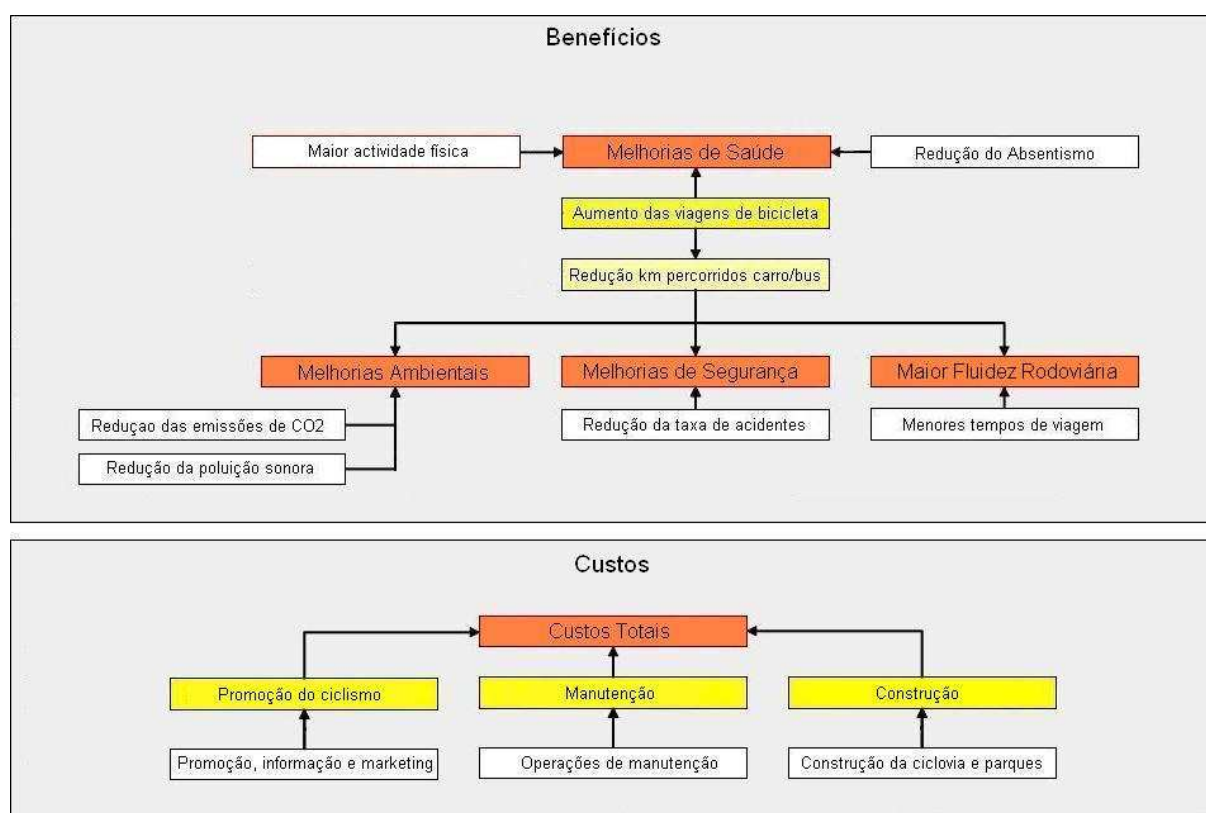


Fig.2.5 – Organograma representativo dos custos e benefícios económicos originados pelo ciclismo

Segundo Saelensminde [17], os benefícios do investimento em redes cicloviárias estimam-se em cerca de 4 a 5 vezes o valor dos custos, com estes investimentos a serem mais benéficos para a sociedade comparativamente com outros feitos nos restantes modos de transporte. A viabilidade económica do investimento no ciclismo é também demonstrada por outros estudos, para além do referido acima, que apontam no sentido dos benefícios serem largamente superiores aos custos totais. Um destes casos é de um estudo realizado pelo Transport for London [14] em 2004 para a cidade de Londres no qual são analisados diferentes cenários de investimento aos quais correspondem diferentes relações custo-benefício. Para este estudo, os valores dos benefícios foram quantificados em função do aumento de viagens de bicicleta conseguidos na cidade para cada uma das medidas a implementar. Segundo esta análise, com a implementação da rede cicloviária projectada para Londres está previsto um aumento de 50 mil a 150 mil viagens diárias adicionais de bicicleta, aos quais se adicionam 40 mil a 340 mil com a construção de parques de estacionamento para bicicletas em escolas, estações, locais de trabalho, etc. O investimento em promoção e em acções de formação para treino de utilizadores de bicicleta sugerido por este estudo prevê um aumento de 5 mil a 26 mil viagens diárias de bicicleta. Dependendo do cenário do investimento a efectuar, é indicado neste estudo que a percentagem de aumento do ciclismo possa variar entre 30% a 150% até 2010. Enquanto os valores dos custos, excepto os custos de manutenção, são analisados no momento do investimento, a análise dos benefícios a ser efectuada baseia-se sempre num período de estudo correspondente com o tempo de vida previsto para a estrutura, que neste caso foi fixado em 25 anos.

Com base nas percentagens de crescimento previstas para a cidade, e num horizonte de 25 anos, são estimados os benefícios conseguidos aos quais se atribui um valor monetário de forma ser possível fazer a análise económica. Segundo o estudo do Transport for London [14], encontraram-se impactes no aumento da segurança rodoviária com uma redução de acidentes estimada na ordem dos 5 a 20%, com a melhoria da rede de ciclovias e as acções de formação levadas a cabo nas escolas. Com a redução do congestionamento na cidade, devido às esperadas alterações na distribuição modal, é espectável uma redução dos tempos de viagem em cerca de 30 segundos por quilómetro e uma redução das viagens de automóvel em cerca de 23 mil a 110 mil, obtendo-se um ganho com a diminuição dos custos de operação. Devido ao aumento da actividade física é apontado pelo estudo uma diminuição do absentismo na ordem dos 6% e um aumento dos benefícios de saúde, com a prevenção de 3 a 16 mortes precoces por ano, devido a doenças como enfartes, cancro ou problemas coronários. Pesando todos os impactes verificados pelos investimentos propostos, a análise feita por esta entidade chegou a valores de benefícios entre 1,6 a 3,6 vezes os custos implicados. A variação verificada entre os rácios é explicada pela consideração ou não dos impactes da saúde nos benefícios e pela diferença entre os valores de investimento considerados, com um maior investimento a originar logicamente um maior rácio.

A maior parte dos estudos feitos nesta área concentram-se em ganhos permanentes e de fácil quantificação, negligenciando no entanto alguns aspectos que se podem tornar economicamente importantes para a região em estudo. Um dos pontos poucos considerados em estudos económicos é o impacto das ciclovias e da melhora das suas infra-estruturas no turismo, particularmente no incremento do cicloturismo. Neste sentido foi efectuada nos EUA um caso de estudo com o objectivo de analisar o impacto económico do investimento em infra-estruturas cicloviárias no estado da Carolina do Norte, mais precisamente na região norte de Outer Banks [20]. Esta é uma região adjacente ao mar, com um clima temperado e com uma extensa rede de ciclovias e ecovias, condições propícias á prática do ciclismo. De acordo com o estudo efectuada cerca de 680 mil visitantes da região por ano utilizam a bicicleta, o que representa 17% do turismo da região, gerando um impacto de 40 milhões de euros anualmente. De forma a potenciarem o ciclismo e em particular o cicloturismo, a região investiu cerca de 4,5 milhões de euros de fundos públicos ao longo de 10 anos na construção de uma rede cicloviária

constituída por ciclovias completamente segregadas e adjacentes à estrada, de forma a melhorar a segurança do sistema de transportes local. Estes valores apontam para um montante de benefícios anual aproximadamente 9 vezes superior ao investimento feito ao longo de 10 anos. Estes benefícios alargam-se por toda a sociedade, já que e segundo o estudo analisado, cerca de 1400 postos de trabalho são criados ou mantidos na região em consequência directa dos gastos dos cicloturistas, verificando-se simultaneamente um aumento nas receitas dos estabelecimentos de restauração e comércio da região, criando adicionalmente oportunidades para a criação de negócios relacionados com o ciclismo, como o aluguer de equipamento. Num inquérito feito aos utilizadores das bicicletas na região, 43% dos inquiridos afirmaram que a possibilidade de fazerem cicloturismo na área foi um dos factores de decisão mais importantes para a escolha do local de férias e 53% revelaram que as características favoráveis ao ciclismo na região vão influenciar o seu regresso à região no futuro. Como conclusão deste estudo é recomendado o contínuo investimento em infra-estruturas de apoio ao ciclismo e promoção das mesmas de forma a aumentar o impacto económico do cicloturismo na região.

De acordo com grande parte da bibliografia analisada, a viabilidade económica da implantação de políticas e infra-estruturas impulsionadoras do ciclismo encontra-se garantida, podendo mesmo em alguns casos obter-se a longo prazo enormes ganhos relativamente com os valores investidos, com benefícios económicos tanto para os utilizadores da bicicleta como para a toda a sociedade em geral.

### 2.3.2. SAÚDE

Uma mudança na distribuição modal, dos transportes motorizados para o ciclismo, pode originar benefícios de saúde pública significativos. O aumento do ciclismo possui potencial para melhorar a saúde individual dos cidadãos, em termos da sua forma física, da redução de certos tipos de doenças, da melhoria da sua auto-estima, longevidade e qualidade de vida enquanto melhora indirectamente a saúde da sociedade como um todo, ao reduzir a poluição atmosférica e sonora [21] [22] [23].

Encontra-se comprovada cientificamente a profunda ligação entre a actividade física praticada pelas pessoas e a sua saúde, estando a baixa actividade física ligada a um dos mais importantes factores de risco de saúde das sociedades modernas, cada vez mais ligadas ao sedentarismo das populações e à falta de exercício. Em alguns países, como a Austrália, a inactividade física é o primeiro ou segundo factor de risco de saúde para os seus habitantes, dando um especial enfoque às medidas de prevenção deste problema social. A inactividade física que cada vez mais se verifica nos países desenvolvidos origina impactos ao nível da qualidade de vida, da esperança média de vida e da economia, contribuindo para o aumento da obesidade, do absentismo e do potencial de risco de doenças.

A principal forma de aumento da actividade física sugerida pelos mais diversos estudos efectuados na área da saúde, sugerem que as formas mais fáceis e mais aceitáveis para garantir um aumento da actividade física são aquelas que podem ser incorporadas na rotina das populações, como a caminhada e o ciclismo em substituição da utilização do veículo automóvel. Estes modos de transporte mais activos são formas bastante eficazes de garantir uma forma física adequada, já que são mais convenientes, mais acessíveis e de baixo impacto, podendo ser combinados com outros transportes para maiores distâncias. Segundo Morris [24], o ciclismo é em comparação com outros exercícios físicos, talvez a forma ideal para a prática de uma actividade física de forma a se obterem ganhos de saúde, já que evita alguns dos problemas que por norma estão associados a actividades como a corrida. Segundo as recomendações da grande maioria dos estudos de autoridades de saúde entre os quais um relatório da Organização Mundial de Saúde, a prática de pelo menos 30 minutos de exercício moderado por dia para os adultos e cerca de 60 minutos para as crianças repercute-se em grandes

melhorias na saúde pública, que segundo as autoridades da cidade de Copenhaga, se quantificam aproximadamente em mais 5 anos de vida comparativamente com as pessoas fisicamente inactivas.

Como se encontra explícito no ponto 2.2 deste documento, existe uma relação entre a existência de ciclovias e o aumento do ciclismo, o que sugere que a criação da ciclovie irá originar impactes em termos de saúde aos novos utilizadores da infra-estrutura, que podem ser quantificados em termos da variação da incidência de doenças e da obesidade decorrentes do aumento da actividade física originada pela redistribuição modal da zona abrangida pela ciclovie. A utilização da bicicleta como meio de transporte diário representa uma actividade física considerável, mesmo que a distância percorrida seja reduzida, o que leva a ganhos em termos da taxa de incidência de algumas doenças. Na figura 2.6 encontra-se representada a relação entre a actividade física e o risco de desenvolvimento de doenças crónicas, presente num estudo do departamento da saúde de Inglaterra [25]. A medição da contribuição do ciclismo na melhoria da saúde baseia-se na complexa relação entre a actividade física e a prevenção das doenças, em que a relação explícita na figura 2.6 indica que uma maior actividade física leva sempre a níveis mais altos de prevenção de doenças, especialmente para a população menos activa.

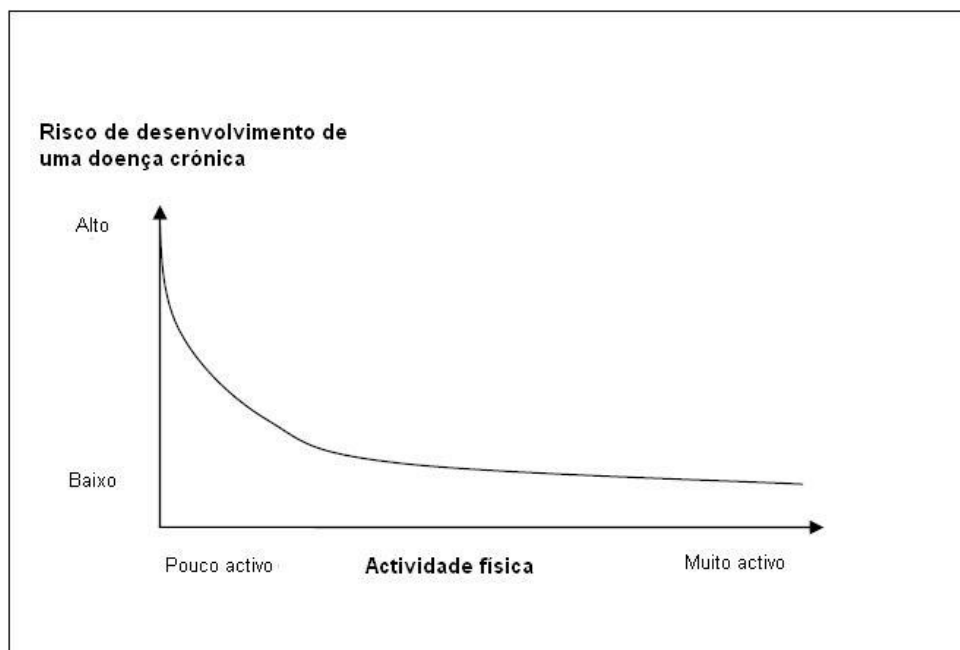


Fig.2.6 – Relação entre a actividade física e o risco de desenvolvimento de doenças crónicas [25]

Ainda se verificam discussões sobre os tipos de doenças que são influenciadas pela actividade física e qual o efeito de passar da inactividade física para a actividade física moderada. No quadro 2.4 encontram-se representados diversos valores do potencial de redução do risco de doenças obtidos com a prática de exercício moderado por parte dos cidadãos, presente em alguns estudos internacionais. Após uma análise geral dos valores apresentados no quadro, verifica-se que o potencial de redução de algumas doenças é para todos os estudos da mesma ordem de grandeza, o que confere uma maior garantia quanto aos ganhos efectivos de saúde que se podem obter com um aumento da actividade física, que para alguns casos podem chegar a atingir cerca de 50% de redução do risco de doenças.

Quadro 2.4 – Comparação entre o potencial de redução do risco de doenças com a prática de exercício moderado referido em diversos estudos (em percentagem) [18]

Doença/Estudo	Dinamarca, 2003	Noruega, 2001	WHO, 2003	Suiça, 2001
Hipertensão	-	30%	-	32%
Problemas cardiovasculares	40%	50%	33%	46%
Diabetes tipo 2	>20%	50%	-	47%
Osteoporose	50%	-	-	50%
Cancro da mama	50%	20% – 30%	20% - 25%	28%
Cancro do cólon	50%	50%	20% - 25%	47%
Pedras na vesícula	34%	-	-	-
Depressão	-	-	-	68%
Dor nas costas	-	-	-	26%

Com base nos potenciais de redução das doenças apresentados no quadro 2.4 e tendo em conta que estas são, em grande parte dos países ocidentais, algumas das principais causas de morte precoce, é facilmente compreensível a existência de uma menor taxa de mortalidade entre os utilizadores assíduos da bicicleta comparativamente com os outros meio de transporte. Este ganho em termos de esperança de vida é sustentado por diversos estudos entre os quais se encontra um apresentado pelas autoridades dinamarquesas, que apontam o valor de 28% como diferença da taxa de mortalidade entre o utilizador da bicicleta e com uma maior actividade física e o utilizador de outros transportes menos activo fisicamente.

Uma das consequências mais importantes do sedentarismo e da crescente inactividade física das populações ocidentais é o aumento da obesidade, principalmente em faixas etárias mais jovens, o que se torna cada vez mais um problema de saúde pública. O aumento da actividade física é mais uma vez a solução apontada pelas entidades responsáveis como a solução a adoptar para combater este problema social, encontrando-se o ciclismo como uma das actividades mais sugeridas pelas autoridades responsáveis. A população europeia é uma das grandes afectadas por este problema, onde 10 a 20% dos europeus é considerado obeso [26] com alguns dos países deste continente a verem triplicar os seus níveis de obesidade nos últimos 20 anos [27]. O caso holandês é tomado como exemplo, já que se crê que é graças à grande preponderância do ciclismo como modo de transporte neste país, que os seus cidadãos são os que mais próximos se encontram do peso ideal em comparação com os restantes povos europeus [22]. Na figura 2.7 encontra-se representado um gráfico com a relação entre a prevalência da obesidade em crianças com 10 anos e os níveis de ciclismo de determinados países europeus, verificando-se uma clara redução da obesidade com o aumento da prática de ciclismo o que demonstra a relação existente entre a prática de actividades físicas e a obesidade infantil.

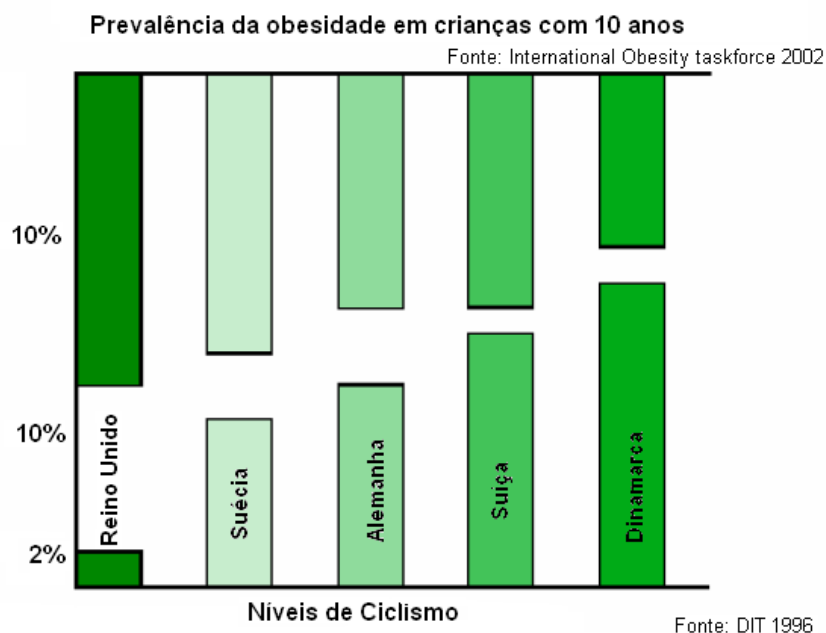


Fig.2.7 – Prevalência da obesidade em crianças e os níveis de ciclismo em alguns países europeus [18]

A poluição do ar possui também um papel não negligenciável na saúde, contribuindo de forma significativa para o crescimento de doenças respiratórias e cardio-pulmonares e irritações ao nível dos olhos, nariz e garganta. Uma maior utilização da bicicleta como meio de transporte em detrimento dos veículos automóveis levará a uma redução das fontes de poluição e consequentemente à diminuição dos problemas de saúde de gerações futuras.

O ciclismo como qualquer outra actividade física deve ser efectuado em ambientes pouco poluídos para que esta actividade se torne mais saudável. Alguns detractores do uso da bicicleta como forma de transporte apontam a grande exposição do ciclismo aos poluentes, comparativamente com meios de transporte motorizados, como uma das desvantagens a considerar pelos seus futuros utilizadores. Os ciclistas, mercê do seu grande esforço físico, respiram mais, o que os torna mais expostos a uma dada concentração de poluentes. Apesar da análise à exposição à poluição atmosférica ser complexa e difícil de estimar, alguns estudos demonstram que a concentração de poluentes na horas de ponta é consideravelmente superior no interior dos veículos do que no seu exterior, facto explicado pela proximidade dos tubos de exaustão destes veículos dos locais de tomada de ar das cabines. Ao se observar a posição natural das bicicletas, nas laterais da via e numa posição superior, é facilmente explicável que estas se encontrem sujeitas a menos concentrações de poluentes. Na figura 2.8 encontram-se representados gráficos retirados de estudos holandeses e dinamarqueses, onde se analisa a presença de fumos perigosos e a exposição por km percorrido a compostos voláteis e poeiras. Em grande parte dos pontos analisados confirma-se a menor exposição aos poluentes por parte dos utilizadores da bicicleta comparativamente aos veículos automóveis. Assim, pode-se concluir que a poluição não deve ser em qualquer caso um argumento contra o ciclismo, mas sim a favor em termos de saúde e de menor exposição a poluentes.



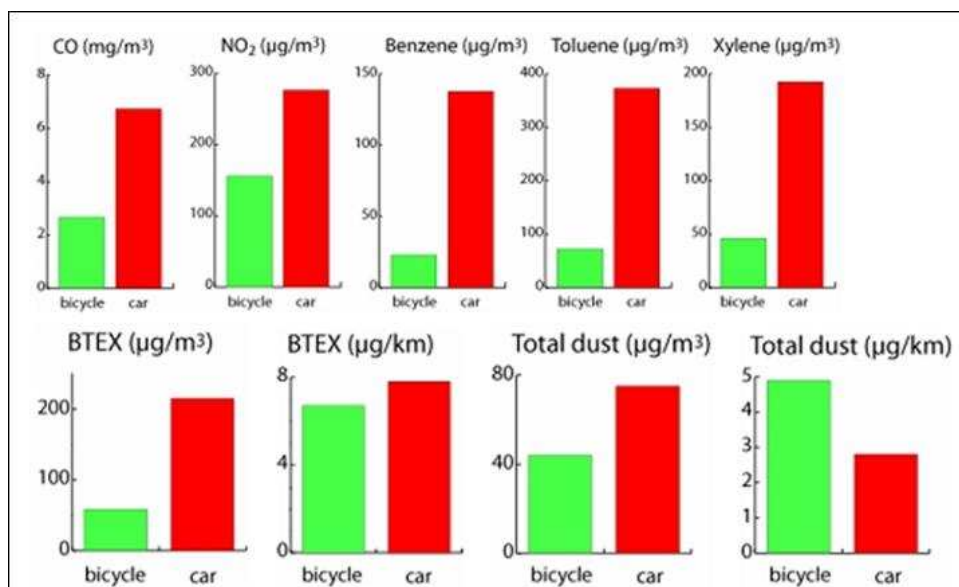


Fig.2.8 – Exposição aos poluentes por parte dos ciclistas e dos automobilistas [18]

### 2.3.3. AMBIENTE

Hoje em dia é fruto de algumas transformações e mudanças críticas observadas por todo o planeta, o tema da protecção ambiental vem ganhando cada vez mais visibilidade e é cada vez mais uma das principais preocupações das entidades decisoras e da população em geral. Neste ponto, os europeus foram desde sempre um dos povos mais dinamizadores e preocupados segundo um inquérito feito em 1995, onde 82% dos europeus declararam que as questões ambientais constituíam um problema de primeiro plano e 72% consideravam que o desenvolvimento económico e a protecção do ambiente deviam ser considerados conjuntamente. Estas preocupações relatadas no continente europeu vão de encontro aos objectivos mundiais para o futuro, onde se pretende reduzir os impactos no ambiente sem prejudicar a evolução económica dos países, factores que levaram a uma grande aderência a programas como o Agenda 21 e o Protocolo de Quioto. Tal como já foi analisado no ponto 2.2, a bicicleta e todas as suas infra-estruturas e políticas complementares tornaram-se uma solução para um desenvolvimento mais sustentável, colocando-se como uma alternativa ambientalmente limpa para o transporte motorizado.

Os transportes são um dos pontos em que a intervenção é mais importante e sensível, podendo produzir grandes alterações em termos ambientais, já que esta actividade é descrita como uma das actividades humanas mais poluentes. O tráfego e consequentemente a poluição originada por este, tem vindo a aumentar gradualmente todos os anos, contrariamente ao que se verifica com outros sectores da sociedade que conseguiram reduzir as suas emissões de forma a convergirem para os valores acordados no Protocolo de Quioto. Neste momento, o sector dos transportes é simultaneamente o sector com maior crescimento em termos de consumos de energia e de produção de gases com efeito de estufa, libertando uma variada gama de poluentes atmosféricos criando um impacto negativo no ambiente, dentro os quais se salientam os seguintes [28]

- Hidrocarbonetos;
- Monóxido de carbono (CO);
- Óxidos de nitrogénio (NO<sub>x</sub>);
- Ozono (O<sub>3</sub>);

- Compostos ácidos;
- Partículas;
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

De todos os elementos constituintes da poluição produzida pelos transportes, é sobre o dióxido de carbono que se encontram focadas grande parte das atenções, visto que este é o principal responsável pelo efeito de estufa. Correntemente uma parcela de 20% de todas as emissões de CO<sub>2</sub> é originária do tráfego rodoviário, e, segundo a Comissão Europeia, se as tendências que se verificam neste momento se mantiverem, em 2010, as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes dos transportes serão 40% superiores às verificadas em 1990. É com o objectivo de contrariar este crescimento que se implementaram as metas do Protocolo de Quioto, onde estão definidas metas de redução das emissões de CO<sub>2</sub>, que para a União Europeia se quantificam numa redução de 8% das emissões relativamente aos valores de 1990. Além do enfoque dado às emissões de dióxido de carbono, é importante não negligenciar o facto da maioria das emissões de monóxido de carbono e de óxidos de nitrogénio serem também provenientes dos veículos motorizados, dentro dos quais os automóveis de passageiros são os maiores emissores.

Os impactes ambientais dos transportes não se resumem às emissões de gases com efeito estufa ou com efeito nefasto para a saúde humana, podendo também incluir poluição sonora, consumo de espaço e outras grandes desvantagens. Alguns estudos demonstram que o ruído proveniente de elevados volumes de tráfego é cada vez mais um factor que deve ser mitigado, já que cerca de 6 milhões de pessoas encontram-se expostas a níveis incomportáveis de ruído, às quais por norma estão associadas grandes vibrações que podem ter um impacte negativo nas fundações dos edifícios.

A bicicleta e o incremento da sua utilização possuem benefícios ambientais significativos, já que é um modo de transporte que não cria qualquer tipo de poluição ambiental ou sonora, não consome recursos limitados e não causa congestionamentos. Assim sendo, todos os quilómetros percorridos de bicicleta ou a pé, serão quilómetros ambientalmente limpos [22]. Os impactes sentidos no ambiente serão garantidos e potenciados, apenas se conjuntamente com um aumento da utilização da bicicleta se encontrar associada uma redução da utilização dos automóveis, levando a uma alteração modal na sociedade. Segundo uma análise feita num estudo holandês, com uma redução de 10% das viagens de automóvel mais curtas que 7,5 km seria possível reduzir 2% do total das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, o que demonstra bem que um incremento do ciclismo para curtas viagens pode atingir ganhos significativos em termos ambientais. Segundo dados da União Europeia as políticas de incentivo à utilização da bicicleta, neste caso na cidade austríaca de Graz, resultaram numa redução efectiva de 25% da poluição, sendo esta mais uma prova cabal do potencial ambiental deste transporte.

As vantagens decorrentes do ciclismo não se restringem à redução das emissões poluentes, tendo também impactes na ocupação do território, já que o ciclismo e as suas infra-estruturas de apoio necessitam de menor espaço para a sua implantação em contraponto com o que se verifica correntemente com os automóveis, que produzem cada vez mais efeitos controversos nas paisagens ao destruírem habitats, dividirem comunidades e ameaçarem habitats selvagens raros [28].

Segundo a Comissão Europeia, o ciclismo possui um enorme potencial no âmbito do cumprimento dos objectivos para a qualidade do ar e para a política climática da EU. Este é considerado como um meio de transporte com um enorme potencial em termos de custo-benefício no cumprimento das metas ambientais, já que seria necessário um investimento muito superior na expansão dos transportes públicos de forma a atingir os mesmos objectivos, de uma forma menos limpa e ecológica [22].

#### 2.3.4. SEGURANÇA

O ciclismo, enquanto modo de transporte, é uma actividade exposta a diversos riscos, tanto para os utilizadores da bicicleta como para os agentes que interagem com esta. O aumento da segurança nas estradas é visto como um poderoso incentivo de forma a persuadir a sociedade a usar mais a bicicleta, já que a escolha desta como forma de transporte depende do ambiente de segurança que for possível transmitir. Neste contexto, deve ser dada uma especial atenção à segurança dos ciclistas mas acima de tudo à percepção destes em relação ao perigo, já que por vezes o risco real de segurança é reduzido mas as percepções de perigo para os ciclistas podem persistir, criando um falso ambiente de insegurança [29]. O Conselho Europeu da Segurança nos Transportes [30] recomenda que mesmo em situações em que o risco não parece deter os ciclistas, os profissionais devem procurar minimizá-lo de forma a reduzir os custos económicos e sociais das potenciais mortes e lesões.

O risco de acidentes para os ciclistas é muitas vezes apontado como a principal desvantagem do ciclismo, mas alguns estudos comprovam que a incidência de acidentes em determinadas faixas etárias para os utilizadores da bicicleta não é muito superior em comparação com os peões ou com os automobilistas. Os ciclistas, tal como os peões, possuem por vezes movimentos conflituantes com os automóveis, colocando-os à mercê da maior velocidade de circulação que os automobilistas praticam, revelando-se estas situações como um dos maiores problemas de segurança para estes grupos. No entanto, as estatísticas provam que para determinadas faixas etárias o risco de acidente não é tão elevado nas bicicletas como nos automóveis, limpando um pouco a negra imagem criada em redor da insegurança no uso da bicicleta. A partir das estatísticas apresentadas por um estudo da Comissão Europeia, onde os dados base foram corrigidos por factores que têm em conta a distancia média percorrida por ambas as formas de transporte, foi possível obter o gráfico da figura 2.9, onde se encontram representados os riscos de acidente dos automobilistas e ciclistas de acordo com diferentes faixas etárias. Após uma análise do gráfico algumas constatações tornam-se evidentes, como o facto dos jovens ciclistas serem os mais vulneráveis, já que de não possuem uma aprendizagem das regras básicas de condução que lhes permita uma perfeita compreensão e adaptação à circulação na estrada. Nas faixas etárias compreendidas entre os 18 e os 50 anos, o risco de acidente atribuído aos automobilistas ultrapassa claramente o valor referente aos ciclistas, já que nesta fase os ciclistas já possuem uma maior experiência nas estradas aliada a uma maior maturidade conferida pela sua idade. Estas características permitem aos ciclistas uma redução do risco de acidentes comparativamente com os automobilistas durante um determinado período de tempo, no qual os reflexos e a agilidade dos condutores se mantêm com elevados padrões. A partir dos 50 anos, a normal deterioração dos tempos de resposta dos seres humanos influencia negativamente a segurança, originando um grande crescimento no risco de acidentes, que pode atingir valores próximos dos 80% para idades superiores a 64 anos, valor bastante superior ao dos automobilistas para a mesma idade. Em resumo, os mais jovens e os mais idosos são, em comparação com os automobilistas, os que possuem um maior risco de acidente, concluindo-se que as populações em idade activa, compreendida entre os jovens e os idosos, possuem um menor risco se optar por utilizar a bicicleta em detrimento do automóvel.

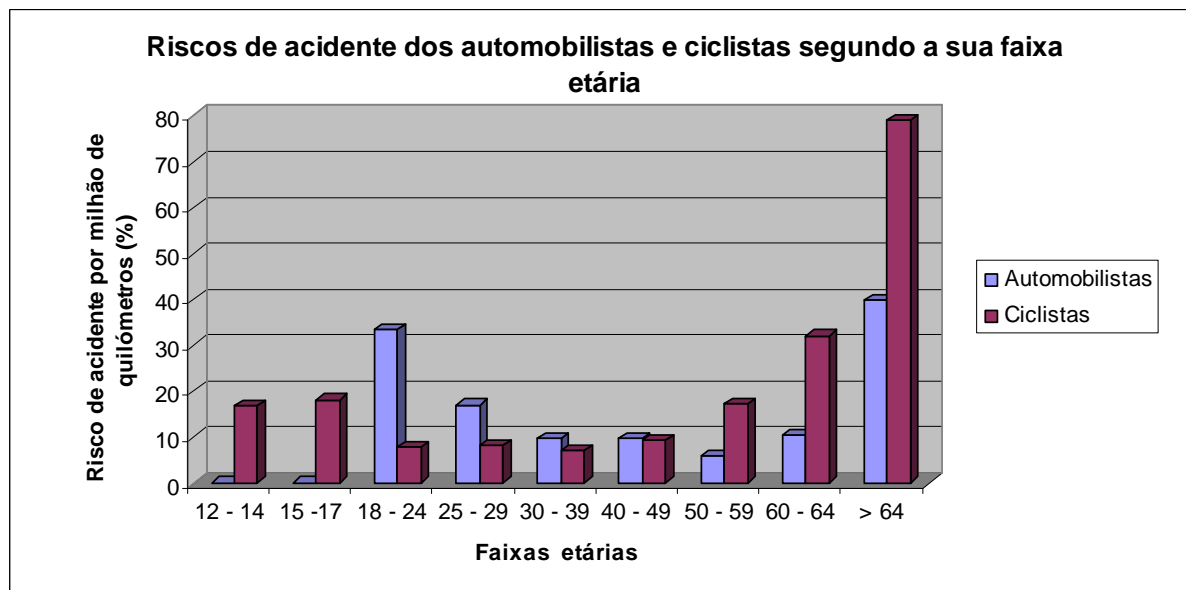


Fig.2.9 – Comparação entre o risco de acidentes dos automobilistas e dos ciclistas segundo diferentes faixas etárias [5]

Muitos dos problemas relativos à segurança dos ciclistas estão relacionados com as especificidades do veículo que utilizam para se locomover e com a sua posição relativamente ao tráfego presente nas vias. O Conselho Europeu da Segurança nos Transportes [30] identificou sete problemas chave para os ciclistas no sistema de tráfego urbano que são considerados como a base da insegurança a que estes estão sujeitos, que são:

- Vulnerabilidade – os ciclistas não apresentam uma grande ameaça para os automobilistas o que os torna menos atentos a estes. A velocidade de circulação dos automóveis é determinante para determinar a severidade do resultado da colisão, visto que com um choque a 45 km/h o ciclista tem menos de 50% de hipóteses de sobrevivência. Estes dois factores aliados comprovam a vulnerabilidade dos ciclistas;
- Flexibilidade – os automobilistas nunca podem estar certos de onde e quando podem surgir os ciclistas, visto que estes possuem uma grande flexibilidade na escolha de trajectos a efectuar;
- Instabilidade – os erros ou falhas de trajectória e de condução das bicicletas tornam-se perigosos quando ocorrem nas imediações de outros utilizadores da via;
- Invisibilidade – os ciclistas podem ser difíceis de observar, especialmente à noite;
- Diferentes Aptidões – na estrada circulam ciclistas de diferentes aptidões e com diferentes níveis de experiência;
- Minimização do esforço – os ciclistas procuram rotas rápidas, fáceis e directas de forma a minimizar o seu esforço;
- Hostilização – os ciclistas são frequentemente hostilizados pelos outros utilizadores da via pública, que demonstram pouco respeito pelo seu estatuto e direitos como utilizadores da via.

Os acidentes com ciclistas raramente resultam apenas de um destes problemas, mas estão por norma ligados a conjunções que se verificam entre eles. A compreensão destes pontos-chave em termos de

segurança é um primeiro passo a ser tomado em direcção à redução do risco de acidentes, criando uma base de trabalho para um melhor planeamento das condições e infra-estruturas ligadas aos ciclistas.

O ciclismo e a sua segurança são continuamente alvos de ideias preconcebidas e em grande parte dos casos totalmente discrepantes da realidade. Tal como já foi referido anteriormente, o ciclismo não é um modo de transporte mais perigoso que todos os restantes, apesar de ter sempre implícito um risco à sua prática. Apesar de praticarem velocidades inferiores aos demais modos de transporte, as bicicletas não oferecem uma protecção muito eficiente em caso de acidente e encontram-se expostas a alguns riscos. Isto leva, em casos extremos, à existência de fatalidades, que não são de modo algum proporcionais à quantidade de ciclistas presentes na estrada, como demonstram variados estudos e dados recolhidos em diferentes países. Tem existido uma tendência de apontar a promoção do ciclismo e a melhoria da segurança dos ciclistas nas estradas como dois objectivos conflituantes e incompatíveis, no entanto está comprovado que é possível a execução destes dois objectivos simultaneamente. De facto, foi já demonstrado que a segurança dos ciclistas melhora quando o número de ciclistas aumenta, o que pode ser explicado tanto pela introdução de medidas específicas de segurança mas também pelo facto de que com um aumento do nível de ciclismo nas estradas, maior atenção a estes será dada pelos automóveis, o que potenciará a segurança individual de cada ciclista [31]. Segundo Wardlaw [32], a existência de uma massa crítica mínima de ciclistas pode ajudar a tornar os automobilistas mais atentos para a presença dos ciclistas e consequentemente para a sua segurança. A figura 2.10 ilustra um gráfico que relaciona os quilómetros percorridos e a quantidade de fatalidades verificadas na Holanda, no qual se comprova que o número de quilómetros percorridos vem sistematicamente aumentando, consequência de um aumento de ciclistas, aumento esse acompanhado por uma acentuada descida do valor das fatalidades verificadas, corroborando as ideias indicadas anteriormente.

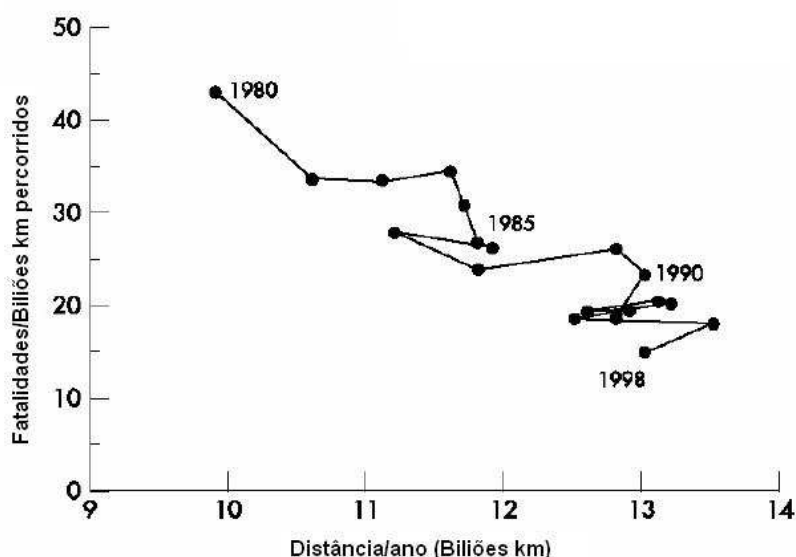


Fig.2.10 – Relação entre os quilómetros percorridos e a quantidades de fatalidades verificadas na Holanda [18]

Na figura seguinte, figura 2.11, é apresentado um outro gráfico, desta vez apresentando a relação entre o risco inerente ao ciclismo e aos quilómetros percorridos em diferentes países da Europa. Tal como na figura anterior, aqui também é possível observar a tendência geral para o decréscimo do risco com

um aumento do uso da bicicleta, principalmente no caso da Holanda e da Dinamarca. A comparação entre valores de diferentes países é no entanto mais sensível, visto que existem outras condicionantes a considerar. Alguns destes países têm introduzido medidas específicas para diferentes tipos de utilizadores, tendo em conta a sua idade entre outras características, que têm sido bem sucedidas na redução das fatalidades. Além destas medidas, os níveis e padrões nacionais de ciclismo são bastante flutuantes, o que se reflecte em diferentes contextos sociais, económicos, infra-estruturais, topográficos e climáticos [30], o que ajuda a explicar a grande diferença entre o risco de fatalidade de países como a Áustria e a Irlanda que possuem níveis de uso semelhantes. Como consequência é sempre recomendada alguma prudência na análise e comparação de dados entre diferentes países e por vezes entre diferentes cidades de um mesmo país, decorrente do enquadramento que cada um deles deve merecer.

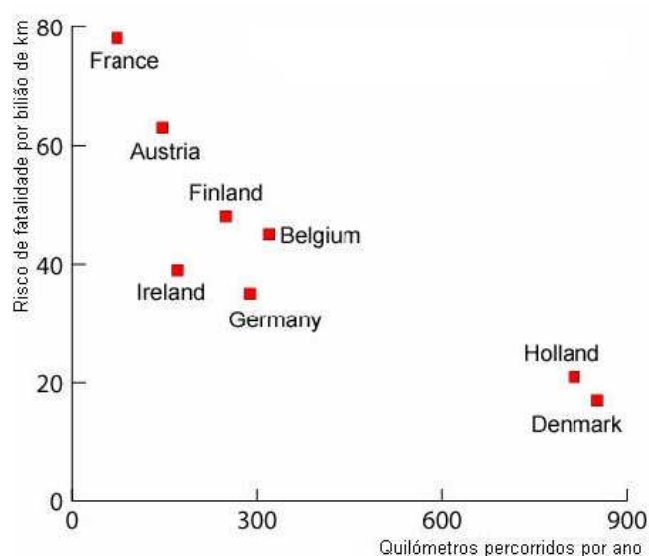


Fig.2.11 – Relação entre o risco inerente ao ciclismo e os quilómetros percorridos em diferentes países da Europa [18]

Por outro lado, a influência das ciclovias na segurança dos ciclistas é um tema extremamente controverso. Grande parte das entidades locais e nacionais, com poder de decisão sobre a área das ciclovias, defendem o aumento da segurança dos ciclistas com a construção destas infra-estruturas, baseando-se na premissa de que a separação dos diferentes utilizadores da via reduz o potencial de conflito. Segundo os dados obtidos na Dinamarca, as fatalidades no ciclismo decresceram cerca de 35% após a introdução de ciclovias ao longo das vias urbanas [30]. Por outro lado, um grande número de associações de ciclistas e algumas entidades apresentam estudos e dados que apontam as ciclovias como um factor causador de insegurança entre os ciclistas, afirmando que estas não conduzem na generalidade a uma maior segurança para os seus utilizadores.

Os dados apresentados por variados estudos não possuem o mesmo tratamento por parte dos seus autores, o que leva à existência de valores contraditórios no que se refere à adopção das ciclovias. Nesta perspectiva é importante analisar os dados em pormenor para se tornar claro quais são os pontos das ciclovias que contribuem para a segurança dos ciclistas e quais os que fazem o inverso. A divisão entre ciclovias anexas a estradas utilizando apenas as marcações no solo como separação entre o tráfego rodoviário e cicloviário e as que possuem um separador rígido e que não possuem uma grande

proximidade com a estrada é importante, já que os dados relativamente a estas possuem algumas discrepâncias. As ciclovias com separador rígido demonstram uma redução da gravidade dos acidentes com ciclistas comparativamente com as que não possuem separador rígido, onde as linhas pintadas são as únicas medidas aplicadas, conferindo ainda uma maior sensação de segurança e conforto aos utilizadores das bicicletas. Na figura 2.12 é apresentado um gráfico elaborado com base em dados dinamarqueses, que comprovam a menor gravidade dos acidentes verificados em ciclovias com separador rígido em contraponto com estradas sem estas estruturas ou em que estão presentes ciclovias sem separador rígido, para diversas velocidades de colisão.



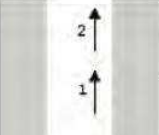

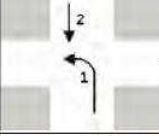

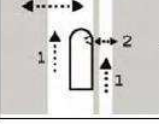
Fig.2.12 – Consequências dos acidentes verificados para estradas com ciclovias de separador rígido e para estradas sem ciclovias ou com separador não rígido [18]

Uma outra diferenciação que deve ser feita na consideração dos estudos e das estatísticas relativas à ciclovias relaciona-se com os dados relativos a plena via e às intersecções. Grande parte dos acidentes que envolvem ciclistas verificam-se nas intersecções, onde se concentra um grande número de movimentos conflituantes, aos quais a bicicleta dificilmente consegue escapar. A segurança dos ciclistas em plena ciclovias, principalmente no caso de existir uma separação rígida para os automóveis, é bastante elevada, apresentando-se o choque entre bicicletas como a principal causa de acidente, sem grandes consequências em termos de ferimentos. No caso das intersecções e visto que neste local as principais interações são entre os automóveis, leva a que os automobilistas descurem a presença dos ciclistas aumentando significativamente o perigo de colisão com estes. A existência de ciclovias pode, neste caso, funcionar como um factor adicional de risco para os ciclistas, já que estes além de se tornarem menos visíveis por circularem numa via segregada, passam directamente de um ambiente seguro e sem riscos para um outro em que existe um grande número de conflitos e no qual não possuem prioridade.

No quadro 2.5 apresentam-se os resultados finais de um estudo realizado em Copenhaga [33], no qual se analisaram os efeitos na segurança rodoviária de todos os intervenientes, antes e após a implantação de ciclovias em determinados arruamentos. De acordo com os dados deste estudo, a construção da ciclovias levou a uma ligeira queda no número total de acidentes e feridos nas secções de via entre intersecções, de 10% e 4% respectivamente. Por outro lado, os dados relativos às zonas de intersecção apontam para um crescimento dos acidentes e dos feridos em cerca de 18%, o que no cômputo geral se traduz num aumento de cerca de 10% de acidentes e feridos após a aplicação da ciclovias. Segundo as estatísticas apresentadas no quadro 2.5, a composição dos acidentes verificados antes e após a implantação da ciclovias sofreu uma grande alteração, de onde sendo os principais ganhos resultantes da redução efectiva de acidentes e feridos para os choques de frente do veículo com a traseira da bicicleta, das viragens à esquerda da bicicleta e para os choques das bicicletas contra veículos

estacionados. Todas as outras situações apresentadas sofrem um aumento de acidentes e feridos, em alguns casos bastante considerável, nomeadamente nas viragens à direita e no choque entre peões e ciclistas.

Quadro 2.5 – Efeitos na segurança em termos de acidentes e feridos após a construção de ciclovias [33]

Situações típicas de acidente	Tipo específico de acidente e manobra	Resultados	
		Acidentes	Feridos
	Veículo contra bicicleta na mesma direcção	-63 %	-68 %
	Bicicleta contra bicicleta na mesma direcção	+120 %	+201 %
	Veículo contra veículo a virar à direita	+70 %	+177 %
	Bicicleta contra veículo a virar à direita	+129 %	+161 %
	Peões contra veículo a virar à direita	+77 %	+84 %
	Bicicleta contra veículo a virar à esquerda	+48 %	+61 %
	Bicicleta a virar à esquerda	-41 %	-45 %
	Bicicleta contra veículos estacionados	-38 %	-56 %
	Entradas e saídas de passageiros de bus	+1951 %	+1762 %
	Bicicletas contra peões	+88 %	+63 %

Esta análise estatística serve apenas como mero indicador do impacto da implantação de uma ciclovia na segurança dos seus utilizadores e dos restantes intervenientes. Os resultados destes estudos não devem ser generalizados, já que a composição dos acidentes bem como o desenho da via são específicos para as estradas onde estas foram aplicadas.

De uma forma geral, a segurança dos ciclistas deve ser uma preocupação para os decisores locais e nacionais, que podem e devem actuar de diferentes formas para garantir uma saudável coexistência de todos os utilizadores da via. Algumas das medidas a aplicar, que actuam como melhoria de segurança e simultaneamente como promotoras do ciclismo, consistem na redução do tráfego motorizado, na redução da velocidade máxima permitida, na implementação de medidas físicas de acalmia de tráfego, na criação de ciclovias e na mudança de comportamentos e atitudes, garantindo um incremento da segurança através da educação, aplicada tanto a ciclistas como a automobilistas. Com a aplicação destas e de outras medidas é possível melhorar a segurança dos ciclistas, potenciando o uso da bicicleta e aumentando os benefícios decorrentes para toda a sociedade.



## 3

## DISPOSIÇÕES PARA O PROJECTO DE CICLOVIAS

### 3.1. ELEMENTOS DE BASE

Na elaboração de um projecto de ciclovias, tal como em qualquer outro projecto na área de vias de comunicação, as características geométricas são determinantes no dimensionamento e posterior construção desta infra-estrutura destinada à circulação de bicicletas. Para a fixação destas características geométricas é importante considerar alguns elementos base, nomeadamente a velocidade de projecto e a distância de paragem, os quais influenciarão as características a adoptar em ciclovias, definindo a aplicação de ciclovias segregadas ou não segregadas.

#### 3.1.1. VELOCIDADE DE PROJECTO

A velocidade de uma bicicleta é influenciada por diversos factores, entre os quais se destacam o tipo de uso, o tipo de terreno, as condições meteorológicas, o tipo de pavimento, etc. Atendendo a todos estes factores, a velocidade base, entendida como a velocidade para a qual a ciclovia é projectada (velocidade de projecto), é obtida com a premissa de que terá de ser no mínimo tão elevada como a velocidade preferencial dos ciclistas mais rápidos. Este é o ponto de partida das publicações analisadas e que terá influência na definição das restantes características geométricas, visto que a velocidade de projecto é um factor de selecção entre valores tabelados e mesmo entre tipologias de ciclovia a implementar.

A separação entre ciclovias partilhadas, pistas destinadas à circulação de bicicletas e peões, e ciclovias totalmente segregadas (destinadas exclusivamente à circulação de bicicletas) tem influência na velocidade de base considerada.

Para ciclovias partilhadas é sugerida pela AASHTO [34] e pela Danish Roads Directorate [35] a velocidade mínima de 30 km/h, que é justificada pela inadequação de uma velocidade superior num tipo de tráfego misto apesar dos ciclistas se poderem deslocar com mais velocidade. O Transport for London [36] sugere valores mais conservadores para esta situação, situando a velocidade de base nos 17 km/h.

Para o caso de ciclovias apenas destinadas à circulação de bicicletas, os valores mínimos sobem, situando-se praticamente todos nos 50 km/h. Estes valores são explicados por algumas situações de grandes inclinações em termos longitudinais ou da existência de fortes ventos de retaguarda. Mais uma vez a entidade Transport for London [36] aponta para valores inferiores na ordem dos 25 km/h.

Como última observação, refere-se, em praticamente todas as publicações, que a diminuição da velocidade de projecto não deve ser utilizada para reduzir artificialmente a velocidade dos utilizadores. No quadro 3.1, em seguida apresentado, estão resumidos os valores das velocidades de projecto sugeridas pelas diversas entidades analisadas.

Quadro 3.1 – Velocidades base a adoptar segundo os tipos de via, presentes nas publicações analisadas

	AASHTO [34]	Danish Roads Directorate [35]	Transport for London [36]
Ciclovias partilhadas	30 km/h	30 km/h	17 km/h
Ciclovias não partilhadas	50 km/h	50 km/h	25 km/h

### 3.1.2. DISTÂNCIA DE PARAGEM

A distância de paragem é a distância mínima necessária para a completa imobilização de um veículo, após ter observado um obstáculo. Com o objectivo de fornecer aos ciclistas a possibilidade de reagir ao inesperado em segurança, é importante que no projecto de ciclovias estejam asseguradas distâncias mínimas de paragem. Segundo a AASHTO [34] e à semelhança de outros veículos, o valor da distância necessária para levar a bicicleta a uma paragem controlada é função do tempo de percepção e de reacção do ciclista, da velocidade da bicicleta, do coeficiente de atrito entre os pneus e o pavimento e da capacidade de travagem da bicicleta. Com base nestes factores é apresentado no referido manual a seguinte equação:

$$S = \frac{V^2}{254 \times (f \pm G)} + \frac{V}{1,44} \quad (1)$$

Onde:

S (m) – Distância de paragem

V (km/h) – Velocidade

f – Coeficiente de atrito

G (m/m) – Declive

É habitual considerar os valores do coeficiente de atrito em 0,25, de forma a ter em conta as fracas condições de travagem das bicicletas em situações de chuva, e do tempo de reacção em 2,5 segundos. Com a fixação destes valores, foi possível a construção de um ábaco, presente na figura 3.1, onde de forma mais expedita é possível obter o valor da distância mínima de paragem para diferentes condições. Uma última referência ao sentido de circulação já que, para ciclovias com dois sentidos de circulação, a distância de paragem no sentido descendente, onde o valor do declive é negativo, é francamente maior.

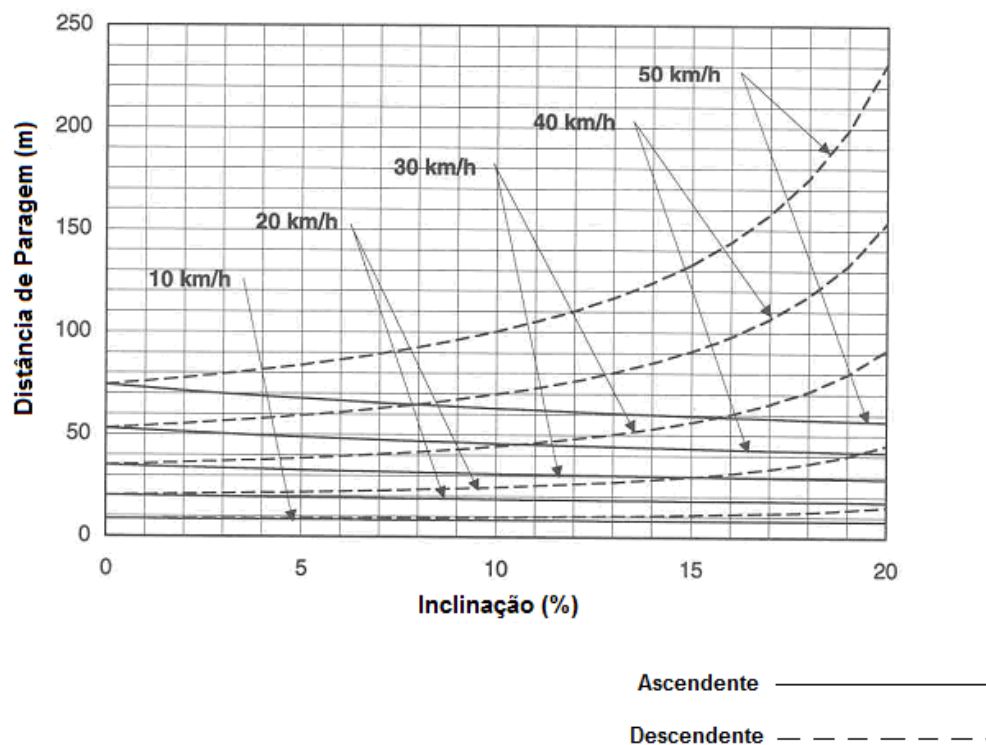


Fig.3.1 – Distância mínima de paragem para diferentes velocidades base e declives da via presentes na publicação da AASHTO [34]

### 3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Nesta secção irão ser apresentados diversos métodos de cálculo e valores usados para a obtenção de diferentes características geométricas, nomeadamente, largura das vias, declive e raios horizontais presentes em variadas publicações internacionais relacionadas com ciclovias.

#### 3.2.1. LARGURA DE VIA

A largura de via escolhida para uma ciclovia está normalmente relacionada com o espaço de operação necessário para o deslocamento de um ciclista. Assim sendo, as dimensões mínimas desta largura são obtidas através de uma rápida análise das dimensões médias de um ciclista e do espaço que este necessita para se movimentar de forma segura e confortável. Segundo a publicação da AASHTO [34], um ciclista necessita de pelo menos 0,75 m de espaço devido apenas ao seu perfil, ao qual se adiciona mais 0,125 m de cada lado para ser possível efectuar manobras essenciais ao seu deslocamento (ver figura 3.2).

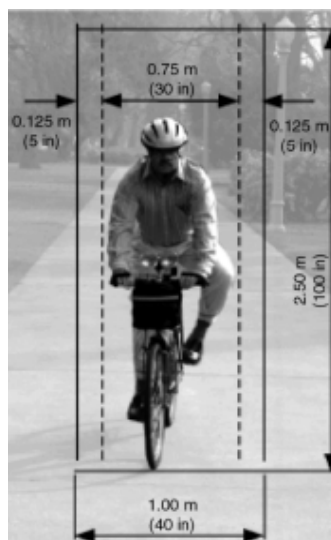


Fig.3.2 – Espaço de operação de um ciclista de acordo com a AASHTO [34]

Baseado no espaço necessário pelo ciclista foram definidas larguras de via nas publicações em análise para variadas situações e para vários tipos de ciclovia. O valor mínimo absoluto para a largura de via em ciclovias paralelas a estradas e de um sentido, estipulado nas publicações da AASHTO [34], da Danish Roads Directorate [35], do Transport for London [36] e da Caltrans [37] é de 1,5m. Este valor é concordante para todas e aplica-se praticamente nos mesmos casos, onde as vias são delimitadas por valetas e guias de passeio, medindo-se a distância da face da guia até à linha longitudinal de marcação da ciclovia.

Encontra-se previsto no caso da AASHTO [34], da Danish Roads Directorate [35] e da Caltrans [37] uma redução do valor mínimo absoluto para 1,2 m nos casos em que não existe guia ou valeta (ver figura 3.3), ou para zonas rurais. Como valores recomendados para estes casos, a Danish Roads Directorate [35], apresenta 1,7 m para o primeiro caso e 1,5 m para o segundo. No caso do Transport for London [36], o valor recomendado é de 2,0 m apenas para a primeira situação, visto que esta publicação não considera o caso da redução da largura mínima absoluta para o caso da não existência de valetas. Na publicação da Caltrans [37] e para o primeiro caso referido, sugere-se uma largura recomendável dentro do intervalo de 1.8m a 2,1 m, para compensar a possibilidade da existência de zonas de estacionamento e de inversão de marcha que entrem em conflito com a ciclovia e o seu tráfego.

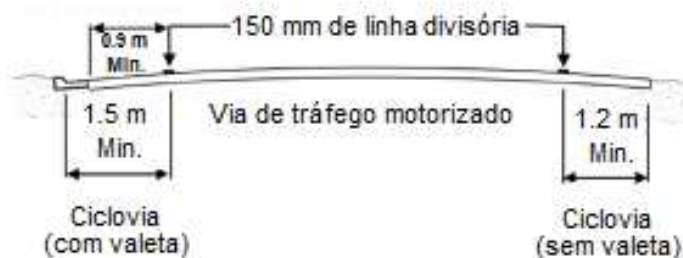


Fig.3.3 – Perfil transversal típico de uma ciclovia anexa a uma estrada (AASHTO [34])

Em vias totalmente segregadas onde não existe contacto com veículos motorizados, os valores da largura de via serão necessariamente diferentes, visto que o local onde se implantam e a influência de agentes exteriores é bastante diferente da anterior, sendo estas por norma constituídas por dois sentidos de tráfego. Segundo o manual da Caltrans [37] e da AASHTO [34], o valor da largura mínima absoluta é de 2,4 m para ciclovias de 2 sentidos de circulação, sendo sugerido por estas entidades a criação de uma zona nivelada de 0,6 m adjacente ao pavimento (figura 3.4).

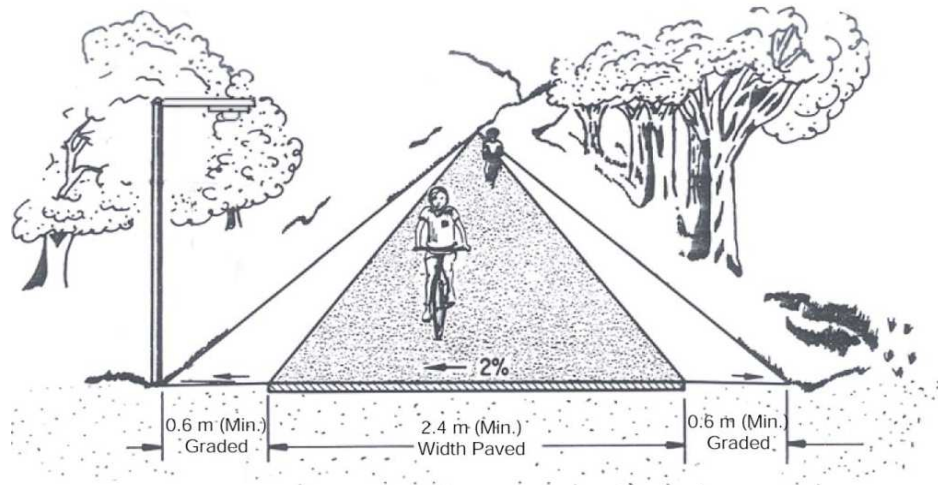


Fig.3.4 – Largura de faixa de uma ciclovia com dois sentidos de circulação (Caltrans [37])

Como valores recomendados, as duas publicações anteriores referem a largura de 3,6 m, para locais onde se antecipem grandes volumes de tráfego e para ter em conta a tendência dos ciclistas em circular lado a lado, necessitando para este efeito de mais largura de faixa. Os restantes valores presentes em diferentes publicações não diferem muito dos apresentados anteriormente, referindo o Danish Roads Directorate [35] uma largura mínima absoluta igual à recomendável, com 2,5 m de valor. Em relação ao Transport for London [36], o valor apresentado é de 2,0 m de largura mínima absoluta e de 3,0 m de largura recomendável. Esta entidade recomenda também a adição de 0,5 m de cada lado da ciclovia quando esta se encontra restringida por muros ou vedações, de forma a garantir a segurança dos seus utilizadores.

### 3.2.2. DECLIVE

O declive do perfil longitudinal é um factor de elevada importância em vários aspectos relacionados com a utilização de uma ciclovia, tendo influência directa na segurança dos seus utilizadores e no número de ciclistas que a utilizam. Tendo em linha de conta que as ciclovias atraem ciclistas com menor capacidade física e mental para suportar longas subidas ou a velocidade decorrente de grandes descidas, é importante um controlo apertado dos valores máximos dos declives utilizados.

Com uma análise a várias publicações da área foi possível encontrar alguns valores típicos que são apresentados por todas as entidades para valores do declive. De acordo com a Caltrans [37], a AASHTO [34] e o Danish Roads Directorate [35] o declive máximo recomendado para ciclovias é de

5%. Existem no entanto algumas situações particularizadas em cada uma das publicações, em que este valor de inclinação sofre modificações consideráveis. Segundo a Caltrans [37], o valor máximo para o declive dos traineis deve ser reduzido para 2%, em situações em que é necessário acomodar um grande número de ciclistas, estando também previsto o aumento do declive máximo para curtos segmentos de via, que não são definidos, sendo importante para esta situação a consideração de um aumento da velocidade de dimensionamento e da largura de via. O Danish Roads Directorate [35] aponta um valor inferior a 3% como valor recomendável, sendo que todos os traineis com valores iguais ou superiores a este devem estar limitados em termos de desenvolvimento, como está explícito no quadro 3.2. Esta autoridade define ainda velocidades de dimensionamento de 40 km/h para inclinações de 5% e 36 km/h para inclinações de 3%.

Quadro 3.2 – Comprimentos máximos admissíveis para diferentes declives de traineis segundo o Danish Roads Directorate [35]

Danish Roads Directorate [35]	
Declive (%)	Comprimento Max. (m)
5	50
4,5	100
4	200
3,5	300

Por último, a AASHTO [34] considera a possibilidade de ser necessário utilizar declives superiores ao máximo sugerido, 5%, devido a imposições relacionadas com o terreno. Os valores sugeridos para as inclinações e as correspondentes restrições em termos de comprimento encontram-se no quadro 3.3. No seguimento desta possibilidade de aumento das inclinações, a AASHTO [34] apresenta algumas medidas que visam mitigar a implantação de grandes inclinações, tais como: considerar uma largura de faixa suplementar entre 1,2 – 1,8 m para permitir que os utilizadores mais lentos desmontem das bicicletas; colocar sinalização que informe os utentes da aproximação de grandes inclinações; aumentar os valores das distâncias mínimas de paragem; aumentar os valores mínimos das áreas de recuperação e da faixa lateral de segurança em relação aos muros e vedações. É ainda recomendada a utilização de declives inferiores a 3% em zonas onde o pavimento seja de gravilha ou outra superfície não pavimentada, por razões de maneabilidade e erosão devido à drenagem.

Quadro 3.3 – Comprimentos máximos admissíveis para diferentes declives de traineis segundo a AASHTO [34]

AASHTO [34]	
Declive (%)	Comprimento Max. (m)
5 - 6	240
7	120
8	90
9	60
10	30
≥11	15

### 3.2.3. RAIOS MÍNIMOS HORIZONTAIS

Na concepção de uma ciclovía é importante a consideração de um raio mínimo para as curvas que terão de ser descritas pelas bicicletas. Apesar de tudo esta característica não é tão condicionante para o projecto da ciclovía como se verifica no caso das estradas, visto que uma bicicleta, em consequência das suas baixas velocidades e grande mobilidade, consegue descrever curvas com raios muito apertados sem perda significativa de velocidade.

Numa análise ao movimento das bicicletas em curva, verifica-se que estas necessitam de se inclinar ao descrever a curva para precaver a queda devido à acção da força centrífuga. Este tipo de movimento característico de veículos de duas rodas pode trazer alguns inconvenientes aos ciclistas, já que quando estes descrevem curvas muito apertadas e se inclinam demasiado podem fazer com que os pedais toquem no chão, provocando situações potencialmente perigosas. As normas da AASHTO [34] consideram esta situação para a definição do raio mínimo das curvas, sendo este raio função do ângulo de inclinação e da velocidade base. Geralmente o pedal toca no solo para ângulos de 25°, no entanto, os ciclistas casuais atingem por norma ângulos da ordem de 15 – 20°, sendo estes considerados os ângulos máximos de inclinação. Assim sendo e assumindo que o ciclistas se encontra sentado de forma correcta no selim, o raio mínimo pode ser dado pela expressão 2.

$$R = \frac{0,0079 \times V^2}{\tan \theta} \quad (2)$$

Em que:

R (m) – Raio mínimo da curva

V (km/h) – Velocidade

$\theta$  (graus) – Ângulo de inclinação com a vertical

No entanto e para ângulos superiores a 20°, o raio mínimo passa a ser função da sobrelevação, do coeficiente de atrito entre os pneus da bicicleta e do pavimento e da velocidade da bicicleta, tal como está explicito na expressão 3.

$$R = \frac{0,0079 \times V^2}{\left( \frac{e}{100} + f \right)} \quad (3)$$

Onde:

e (%) – Sobrelevação

f – Coeficiente de atrito

De acordo com a Caltrans [37] a sobrelevação varia entre um valor mínimo de 2%, mínimo necessário para uma adequada drenagem, e um máximo de 5%, a partir da qual alguns ciclistas mais lentos sentem dificuldades de manobra. Como simplificação construtiva é aconselhado por esta publicação a utilização de 2% de sobrelevação, num perfil de uma só água. O coeficiente de atrito depende de várias características do pavimento e do veículo, sendo os valores aplicados a ciclovias extrapolados dos utilizados em estradas. Com a variação dos valores deste coeficiente entre 0,31 para velocidades base de 20 km/h e 0,21 para velocidades base de 50 km/h, torna-se importante obter o valor dos raios mínimos para diferentes características possíveis da ciclovias, obtendo-se variadas combinações de valores apresentados no quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Raios mínimos de curvas em função do coeficiente de atrito e da sobrelevação sugeridas pela Caltrans [37]

Velocidade – V (km/h)	Coeficiente de atrito – f	Sobrelevação – e (%)	Raio Mínimo – R (m)
20	0,31	2	10
30	0,28	2	24
40	0,25	2	47
50	0,21	2	86
20	0,31	3	9
30	0,28	3	23
40	0,25	3	45
50	0,21	3	82
20	0,31	4	9
30	0,28	4	22
40	0,25	4	43
50	0,21	4	79
20	0,31	5	9
30	0,28	5	21
40	0,25	5	42
50	0,21	5	76

### 3.3. PAVIMENTOS

Um pavimento em ciclovias possui uma maior importância quando comparado com outras vias de comunicação, visto que as bicicletas que circulam nas ciclovias não possuem sistemas de amortecimento tão avançados como o de outros veículos. A qualidade da superfície de rolamento de uma ciclovias afecta o conforto, a segurança e a velocidade dos ciclistas. Por outro lado, os pavimentos são experimentados de forma diferente por vários tipos de utilizadores e possuem distintas



funcionalidades dependendo da sua constituição. É facilmente compreensível, mesmo para os desconhecedores da área, que seja dada preferência aos pavimentos que apresentem características com maior durabilidade e uma maior resistência, propiciando um maior nível de serviço e conduzindo a menores custos de manutenção. Assim, a utilização de betão ou betuminoso é preferencial em relação a materiais agregados bem graduados como a gravilha ou outros semelhantes a este. No entanto e segundo a AASHTO [34], algumas entidades locais optaram por este último tipo de materiais como revestimento superficial, levando a menor tempo de construção e menor custo final em comparação com as soluções preferenciais. Como grandes inconvenientes, além das já referidas anteriormente, encontram-se a fácil erosão em situações de chuva intensa ou inundação e a redução da resistência ao escorregamento, o que leva grande parte das entidades a considerar este tipo de pavimento apenas para ciclovias em zonas rurais.

O projecto e selecção do pavimento a usar em ciclovias é em vários aspectos semelhante ao efectuado em pavimentos de estradas, residindo a maior diferença entre eles nas cargas actuantes sobre as plataformas, bastante mais reduzidas em ciclovias comparativamente com as estradas. Os pavimentos em betão ou betuminoso deverão ser bem aplicados de preferência com a utilização de máquinas, recebendo um acabamento ao nível do aplicado nas estradas, onde a sua largura deverá ser constante em toda a sua extensão, a qualidade do solo de fundação verificada, as cargas que a ciclovia vai experimentar antecipadamente calculadas e a resistência ao escorregamento garantida.

A publicação da AASHTO [34] não recomenda secções estruturais específicas no que se refere a pavimentos, baseada na grande variação de solos, cargas, materiais e práticas construtivas presentes no país, indicando apenas algumas sugestões gerais, em que a espessura do pavimento deverá ser dimensionada de forma a suportar as cargas originárias de veículos de emergência ou de manutenção. Refere ainda que deverão ser aplicados, quando necessário, produtos de esterilização de solos de fundação para prevenir a erupção de vegetação pelo pavimento (figura 3.5) e com a aplicação de betão como pavimento deverão ser criadas juntas transversais para controlar a fendilhação que não interfiram na comodidade dos ciclistas.



Fig.3.5 – Erupção da vegetação pelo pavimento

O manual da Caltrans [37], para além de seguir as recomendações dadas pela AASHTO [34], sugere alguns valores concretos para a definição do pavimento. É recomendada a espessura mínima de pavimento de 50 mm de betuminoso, com 12,5 mm de dimensão máxima de agregado e com uma

graduação média deste. É também importante, segundo este manual, ponderar o eventual aumento da quantidade de betuminoso de forma a aumentar o tempo de vida do pavimento.

O Danish Roads Directorate [35] propõe para o pavimento uma mistura a quente de betume e agregado pequeno, de dimensão inferior a 16 mm, que terá em média uma duração útil entre 15 – 20 anos. A superfície originária torna o ciclismo mais cómodo, oferecendo uma boa fricção e com a possibilidade de ser produzido em várias cores, factor muito importante para esta entidade. É também sugerida a utilização de pavimentos em betão, não sendo no entanto fornecidas espessuras recomendadas. Refere esta entidade que o tempo normal de vida deste tipo de solução é bastante superior a 20 anos, podendo com a utilização de um novo tipo de betão aumentar a durabilidade e a resistência ao frio e ao sal, um dos grandes problemas com a utilização deste tipo de pavimentos em países expostos a baixas temperaturas e neve. Para situações de intersecções entre ciclovias e as demais vias são sugeridas nesta publicação duas soluções para esta se efectuar em segurança, utilizando uma cor diferente para a marcação da ciclovia. Esta marcação pode ser efectuada utilizando uma camada termoplástica sobre o pavimento (figura 3.6), com clara vantagem económica e de visibilidade, não sendo no entanto muito durável. A outra alternativa seria a utilização de leitadas betuminosas coloridas, verificando-se um aumento significativo do investimento necessário em relação à outra solução, tendo como vantagens um aumento da fricção entre o piso e as rodas dos veículos e da durabilidade do pavimento.



Fig.3.6 – Camada termoplástica delimitando a ciclovia

A publicação Transport for London [36] é nesta área a que fornece mais recomendações em relação aos componentes do pavimento, descrevendo variados tipos de soluções possíveis de serem aplicadas. Esta entidade desenvolveu as suas opções construtivas tendo sempre em mente o facto de alguns ciclistas usarem preferencialmente a estrada em detrimento da ciclovia anexa a esta pelo facto da primeira apresentar melhor qualidade de circulação. Assim sendo a qualidade das ciclovias deverá ser sempre tão boa como a qualidade da estrada adjacente. No quadro 3.5 encontram-se algumas das

soluções sugeridas pelo Transport for London [36] para o pavimento das ciclovias, não só em termos de pavimento propriamente dito mas também com uma possível base deste.

Quadro 3.5 – Soluções construtivas presentes na publicação do Transport for London [36]

Surfacing	Base course	Base - see note 1
20mm thick bitmac, 6mm stone	50mm thick bitmac, 20mm stone	150mm Type 1 OR 175mm Type 2
20mm SMA	50mm thick bitmac, 20mm stone	150mm Type 1 OR 175mm Type 2
30-40mm HRA with chippings (coloured if required)	50mm thick bitmac, 20mm stone	150mm Type 1 OR 175mm Type 2
Pea-shingle surface dressing	Pea-shingle surface dressing with double rate tack-coat	250mm Type 1 OR 275mm Type 2
75mm thick Coxwell Gravel	–	200mm thick Type 1 base (may also be Coxwell gravel)
20mm thick limestone dust-to-fines	–	250mm crushed limestone, Type 1

**Notes:**

1. If maintenance vehicles for sweeping, lighting or drainage will require access, then the base will need to be increased by at least 100mm depending on the formation material.
2. SMA – stone mastic asphalt, a recent carriageway surfacing
3. HRA – hot rolled asphalt, a traditional carriageway surfacing
4. bitmac – bituminous macadam, a typical footway surfacing

Em complemento à figura anterior, apresenta-se o quadro 3.6, construído com base no mesmo manual, onde estão discriminados tempos de vida útil e resistência ao escorregamento para variados tipos de superfície que são sugeridos, a fim de fornecer uma mais fácil compreensão da sua influência no ciclismo, e da adequabilidade de cada solução para cada caso em análise.

Quadro 3.6 – Soluções construtivas sugeridas pelo Transport for London [36]

Tipo de pavimento	Vida útil (anos)	Resistência ao escorregamento (PSV)	Comentários
Macadame betuminoso, com uma espessura de 20 mm e agregado de 6 mm	20	60	Material superficial usado em estradas secundárias, bom para a prática de ciclismo, podendo ser colorido
Anti-derrapante (ligante de resina epoxy)	10	70	Normalmente apropriado para ciclismo, devendo ser evitados os métodos de aplicação que provoquem sulcos
Camada de cobertura para ciclovias (mistura termoplástica)	5	65	-
Camada de cobertura para ciclovias (ligante de polímero)	10	65	-

Quadro 3.6 (continuação) – Soluções construtivas sugeridas pelo Transport for London [36]

Tipo de pavimento	Vida útil (anos)	Resistência ao escorregamento (PSV)	Comentários
Revestimento superficial – gravilha fina <1 cm	20	50	Camada de baixa manutenção, bom para zonas rurais, com baixa resistência ao escorregamento
Pavimento em blocos	20	55	Aceitável para o ciclismo, a resistência ao escorregamento pode ser baixa em alguns blocos
Revestimento superficial em pedra de granito	20	60	Camada de baixa manutenção, boa para o ciclismo se as pedras utilizadas forem de pequenas dimensões (10 – 14 mm)
Micro aglomerado	5	55	Camada de baixa manutenção, aplicável em pavimentos temporários em ciclovias
Blocos de pedra natural	-	-	Pode ser aplicável, se embebida em betão e se a sua superfície for lisa e nivelada, tendo boa resistência ao escorregamento
Betão	-	-	Bom para o ciclismo se as juntas e as lajes estiverem em boas condições, não sendo as marcações muito visíveis
Mastique betuminoso, com uma espessura de 30 mm	20	60	Superfície normalmente utilizada em estradas principais, boa para ciclismo
Paralelo	-	-	Não é aceitável para o ciclismo, possuindo uma superfície desnivelada e baixa resistência ao escorregamento
Agregado Graduado	-	-	Usado normalmente em zonas rurais, com baixa resistência ao escorregamento e pequena durabilidade
Agregado não graduado	-	-	Não é aplicável, já que as bicicletas se afundam nestes pavimentos
Betão betuminoso	-	-	Superfície normalmente utilizada em estradas principais, boa para ciclismo
Betão betuminoso a frio	-	-	Bom para ciclismo, tem uma superfície lisa mas com tendência a ter lombas quando colocado manualmente

No documento apresentado pelo Transport for London [36] é considerada, como em variadas outras publicações, a utilização de superfícies coloridas. Por norma, o betume negro em conjunto com as sinalizações e marcações na ciclovia são necessárias, mas em alguns casos é recomendada a utilização de cores a fim de mitigar potenciais conflitos. Esta entidade sugere a aplicação de cores em zonas de intercepção da ciclovia, em ciclovias ao longo de ruas com estacionamento e outras zonas de conflito.

No anexo A1 são apresentadas algumas soluções de pavimentação e respectivas características pormenorizadas que devem ser consultadas durante o processo de selecção e construção do pavimento. Esta listagem detalhada foi retirada de um estudo efectuado pelo Centro de Estudos de Arquitectura Paisagista “Prof. Caldeira Cabral” [38], sendo aqui apresentada de forma a complementar as sugestões dadas pelas publicações internacionais analisadas.

### 3.4. SINALIZAÇÃO E MARCAÇÕES

A sinalização e marcação das ciclovias quando aplicadas de forma adequada e coerente, são essenciais para uma correcta regulação e controlo do tráfego na ciclovia. Os sinais e as marcações possuem diferentes funções em relação ao conteúdo da mensagem que enviam para os ciclistas, podendo ser agrupados em três diferentes grupos: os reguladores, os informativos e de perigo e os de direcção. A sinalização específica aplicada a ciclovias é de grande utilidade e tem como objectivos genéricos potenciar uma utilização correcta da ciclovia, encorajando uma utilização disciplinada, e ainda avisar os utentes de outras vias para a presença de ciclistas mantendo-os fora do espaço restrito da ciclovia.



O Danish Roads Directorate [35] refere a evolução do sistema de sinalização dinamarquês, onde foram aplicados sinais coerentes e consistentes em termos de cores e símbolos ao longo das vias, potenciando a criação de uma rede local, regional e nacional de ciclovias. Esta entidade sugere a utilização de sinais de direcção com dimensões variáveis, sendo por norma com a forma quadrangular, com 40x40 cm, 30x30 cm, 20x20 cm ou ainda 10x10 cm em locais especiais, devendo a escolha da dimensão ser baseada na velocidade dos veículos e na quantidade de informação que terão que conter. A localização dos sinais é um factor de grande importância para os ciclistas, devendo estar posicionados de acordo com as especificidades das bicicletas, se possível à mesma altura e do mesmo lado da via. Tendo em conta que os ciclistas se posicionam ligeiramente curvados para a frente e com os seus olhos na direcção do pavimento, a altura dos sinais deverá ser mais baixa, devendo estar colocados sensivelmente 1 metro acima do solo e preferencialmente do lado direito da via. Em relação às marcações na via e em adição às normalmente utilizadas, esta publicação refere a possibilidade de aplicação de marcações em elementos especiais de betão ou lajes de pavimento nos centros das cidades, já que se torna difícil colocar e observar os sinais nestes locais devido aos percursos sinuosos que por norma aí existem. Em certas intersecções, onde é considerado necessário chamar à atenção para alguns conflitos existentes entre diferentes movimentos de bicicletas e automóveis, é sugerida a aplicação de uma faixa colorida durante a extensão da ciclovia na intersecção, geralmente azul, ou a aplicação de linhas tracejadas com 0,3 m de espessura.

De acordo com a AASHTO [34] os sinais de trânsito aplicados às ciclovias devem estar de acordo com o Manual of Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) [39], devendo seguir-se este manual aplicado a todas as estradas como um guia na aplicação de sinais e marcações. Em relação a sugestões específicas para marcações em ciclovias, esta entidade considera a aplicação de uma linha longitudinal contínua de cor amarela com espessura de 100 mm, de forma a separar os sentidos de trânsito. Esta linha deve ser descontínua onde se verifiquem adequadas distâncias de ultrapassagem e contínua nos outros locais ou quando a ultrapassagem é desencorajada. Esta consideração é particularmente benéfica em zonas de elevado volume de tráfego, em curvas com reduzida visibilidade e em ciclovias



sem iluminação e onde se prevê a sua utilização nocturna. As marcações em cruzamentos ou intersecções devem garantir dois objectivos: a correcta canalização dos ciclistas para uma zona de cruzamento claramente definida e a demonstração aos condutores de veículos motorizados que esta secção da estrada deve ser partilhada com outros utilizadores. Em relação à sinalização vertical específica para as ciclovias, a AASHTO [34] sugere a aplicação de sinais de dimensões reduzidas relativamente aos considerados no MUTCD [39], com 45x45 cm, particularmente para zonas de curvas com pequenos raios, intersecções, etc.

O Transport for London [36] baseia a sua política de orientação de direcção e posicionamento dos ciclistas na utilização preferencial de marcações no solo, em detrimento dos postes de sinalização, já que estes últimos trazem grandes desvantagens, sendo pouco visíveis, obstrutivos e por vezes ilegíveis. Os sinais não devem criar mais impacto visual do que o necessário para tornar a mensagem legível, devendo ser circulares e ter dimensões próximas dos 30 cm de diâmetro, podendo chegar aos 15 cm em zonas preservação e conservação da natureza. São também fornecidas instruções acerca do tamanho das letras nos sinais, podendo variar entre 30 a 60 mm, consoante a distância a que devem ser visíveis e a localização da placa. Relativamente às marcações, estas são preferíveis aos sinais pelo facto de no campo de visão dos ciclistas estar normalmente o pavimento e a sua envolvente, tornando-as mais visíveis. Em ciclovias anexas a estradas, existem alguns tipos de marcações específicas de forma a manter a ciclovia livre de veículos. Estas marcações podem ir desde simples preenchimentos da faixa da ciclovia com outras cores, até à colocação dos símbolos exemplificativos desta via, que deverão ter um intervalo variável entre 10 – 50 m, dependendo do tráfego da estrada anexa. Em ciclovias completamente segregadas este intervalo sofre um grande aumento, 50 – 200 m, sendo um indicador da perda de importância relativa das marcações neste tipo de ciclovias. Segundo a publicação em análise todas as marcações deverão ser reflectoras e devem possuir uma espessura mínima de 150 mm. O tipo de via, a legibilidade, a visibilidade nocturna, em tempo chuvoso e na neve deve ser consideradas no momento da escolha dos sinais e das marcações. De seguida apresentam-se variados quadros contendo diversos sinais sugeridos e utilizados pelo Transport for London [36], de forma a melhor informar os utentes da existência e funcionamento da ciclovia. No quadro 3.7 encontram-se os sinais de obrigatoriedade relativos a diferentes tipos de via.

Quadro 3.7 – Sinais de obrigação sugeridos pelo Transport for London [36]




Sinal	Significado	Dimensões	Notas
	Via reservada a bicicletas	Entre 150 e 600 mm de diâmetro dependendo da posição e iluminação	Sinal de obrigação que deve ser colocado no início da secção definida e em intervalos ao longo da via
	Via reservada ao uso de bicicletas e peões	Normalmente 300 mm de diâmetro, podendo em condições especiais ser utilizados valores menores	Sinal de obrigação que deve ser colocado no início da secção definida e em intervalos ao longo da via

Quadro 3.7 (continuação) – Sinais de obrigação sugeridos pelo Transport for London [36]







Sinal	Significado	Dimensões	Notas
	Vias segregadas para o uso de bicicletas e peões	Normalmente 300 mm de diâmetro, podendo em condições especiais ser utilizados valores menores, ou maiores em locais de baixa visibilidade	Sinal de obrigação que deve ser colocado no início da secção definida e em intervalos ao longo da via, podendo a representação das vias no sinal ser inversa para corresponder ao arranjo da via
	Obrigatoriedade de levar a bicicleta à mão	-	Representa a proibição de circular de bicicleta em determinados locais

No quadro 3.8 encontram-se os sinais de informação que devem ser colocados em determinados locais nas ciclovias.

Quadro 3.8 – Sinais de informação relativos ao tráfego sugeridos pelo Transport for London [36]

Sinal	Significado	Dimensões	Notas
	Fim da faixa de bus, de táxi e de bicicletas (introduzindo as bicicletas no tráfego automóvel)	800x825 mm	Deve existir iluminação externa
	Fim da faixa de bicicletas (introduzindo as bicicletas no tráfego automóvel)	800x825 mm	Sinal utilizado em zonas de elevadas velocidades dos veículos em que a introdução da ciclovia pode reduzir o número de vias disponíveis ao tráfego automóvel
	Permissão do tráfego de bicicletas na faixa de bus	450x825 mm, com dimensões superiores velocidades mais elevadas	Deve ser colocado em intervalos ao longo da via

Quadro 3.8 (continuação) – Sinais de informação relativos ao tráfego sugeridos pelo Transport for London [36]

Sinal	Significado	Dimensões	Notas
	Ciclovia com um sentido de circulação	375x825 mm	Sinal obrigatório para as ciclovias sendo colocado a determinados intervalos ao longo da via
	Ciclovia com dois sentidos de circulação	475x825 mm	Deve ser colocado em intervalos ao longo da via, representando o número de setas as vias existentes
	Tempos de operação da ciclovia	Devem ser concordantes com o sinal com o qual é aplicado em combinação	Este sinal deve ser aplicado em combinação com outros sinais
	Ciclovia com tráfego à direita (sinal para peões)	-	Sinal útil para avisar os peões do trânsito de bicicletas em direcções inesperadas
	Via recomendada para ciclistas	300x440 mm	Usado para assinalar ciclovias, principalmente no caso em que são anexas a estradas
	Parque de bicicletas	170x170 + 250x170 mm	Sinal por norma desnecessário

Em Portugal, os sistemas de sinalização e marcação específicos para ciclovias não se encontram ainda desenvolvidos, existindo apenas um pequeno número de sinais e marcações (figura 3.7) presentes no Regulamento de Sinalização do Trânsito (Decreto Regulamentar nº 22-A/98) [40], com o objectivo de sinalizar a existência de ciclovias aos outros utilizadores da estrada.



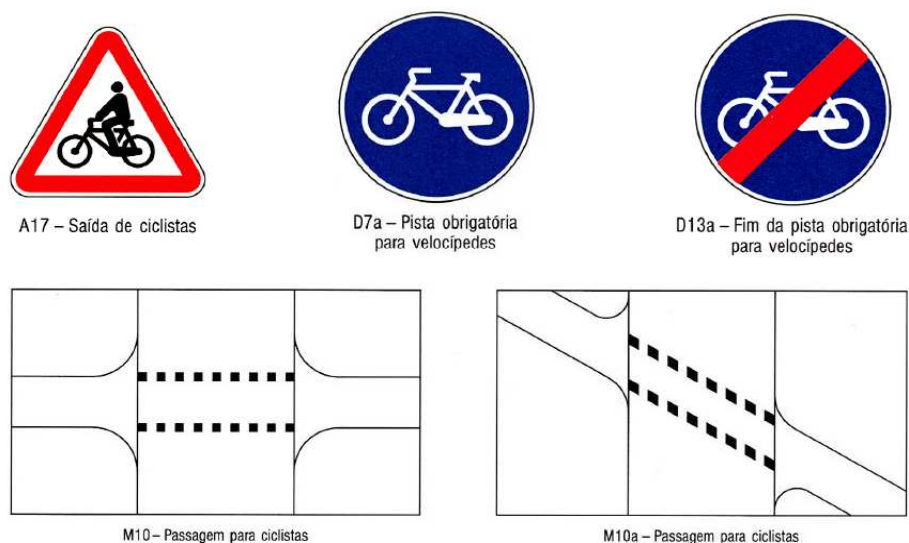


Fig.3.7 – Sinalização e Marcações usadas em Portugal [40]

### 3.5. DRENAGEM

O sistema de drenagem possui um papel importante na regulação e manutenção do bom funcionamento de uma ciclovias. Para a correcta drenagem de uma via é necessário actuar em diferentes aspectos, tais como a inclinação longitudinal e transversal, a aplicação de sumidouros ou sarjetas ou ainda de valetas em alguns casos específicos.

Numa análise ao Danish Roads Directorate [35], verifica-se que as principais indicações apenas se referem à escolha e correcta aplicação dos órgãos de drenagem. Indicam-se os sumidouros como órgão preferencial a ser aplicado já que estes não necessitam de baixar a fundação da via como acontece com as sarjetas. Estes possuem ainda a vantagem de não tornar a ciclovias significativamente mais estreita quando os ciclistas circulam a uma distância segura da berma. Como grandes inconvenientes apontados por esta entidade para a utilização de sumidouros encontram-se algumas eventuais depressões nas zonas da grelha metálica dos sumidouros. Estas grelhas metálicas provocam também uma perda importante de resistência ao escorregamento e se erradamente orientadas criam problemas aos utilizadores, propiciando a entrada da roda da bicicleta nos espaçamentos das barras metálicas, quando estas se encontram orientadas no sentido de tráfego das bicicletas.

Segundo a publicação da AASHTO [34] é aconselhável a existência de uma inclinação transversal mínima de 2% para uma correcta drenagem da via. Preferencialmente esta inclinação deve ser aplicada numa só direcção criando apenas uma água, como se encontra representado na figura 3.4, de modo a simplificar o projecto de drenagem longitudinal e do pavimento. Quando a ciclovias é construída na encosta de uma colina, é importante a construção de uma valeta de dimensões apropriadas na base da colina, para reter as águas do escoamento superficial da sua encosta, sempre de forma a não se apresentarem como um obstáculo para os ciclistas. Se necessário, devem ser construídas bacias de retenção com drenos para levar a água interceptada para debaixo da via. Esta entidade também chama a atenção para os perigos provenientes das grelhas metálicas dos sumidouros, que podem resultar em graves danos para a bicicleta e em lesões para os ciclistas. Devem ser aplicadas grelhas apropriadas para ciclovias e hidraulicamente eficientes sempre que possível, o que nem sempre acontece. Estas devem ter aberturas estreitas e suficientemente pequenas de modo a assegurar que as rodas das bicicletas não ficam retidas entre elas, independentemente da direcção da circulação. No caso de ser necessário corrigir as grelhas, é aconselhado como medida temporária até à substituição por elementos

apropriados, a aplicação de barras de metal soldadas perpendicularmente às da grelha existente, com um espaçamento máximo de 100 mm (figura 3.8). Recomenda-se ainda a manutenção do nivelamento entre o pavimento e os sumidouros durante os processos de repavimentação.

O Transport for London [36] fornece mais algumas orientações relacionadas com o sistema de drenagem a aplicar em ciclovias. A localização dos sumidouros é muito importante para uma boa drenagem da via tal como o nível destes em relação ao pavimento, sendo sugerido um desnível máximo entre estes de  $\pm 5$  mm. Apesar da aplicação de sarjetas não ser o procedimento normalmente recomendado por esta entidade, estas podem ser aplicadas em substituição dos sumidouros em casos em que existe uma pequena largura de via e quando os ciclistas transitam próximos da berma ou do passeio. À semelhança das outras publicações analisadas, também nesta se sugere a aplicação de grelhas metálicas apropriadas para ciclovias, dispostas com ângulos correctos relativamente ao sentido de tráfego. Em relação aos sumidouros, são aconselhadas dimensões mínimas de 300x300 mm, já que grelhas de tamanho inferior têm tendência a ficar entupidas. No que respeita a inclinações, são propostos valores de 2,5% para a inclinação transversal e de 0,5% para a inclinação longitudinal mínima, a fim de assegurar a drenagem das águas pluviais.



Fig.3.8 – Exemplos de grelhas metálicas apropriadas para ciclovias

### 3.6. ILUMINAÇÃO

A iluminação é cada vez mais um factor importante e de diferenciação das ciclovias. Os utilizadores desta infra-estrutura procuram acima de tudo uma forma segura de se movimentarem, o que implica uma correcta iluminação da via. Isto permite-lhes minimizar o possível risco social a que estes possam estar sujeitos em determinadas zonas da ciclovia e o risco de conflitos ao longo da via e das intersecções. Adicionalmente a iluminação permite que o ciclista siga de forma mais fácil o seu trajecto, veja mais claramente as condições do pavimento e os obstáculos com que se depara.

Segundo o Danish Roads Directorate [35] a iluminação das ciclovias por parte das lâmpadas das bicicletas não é suficiente para iluminar a via, sendo por isso necessário a colocação de iluminação auxiliar para que os ciclistas que circulem a 25 km/h possam facilmente distinguir a via da envolvente. Esta entidade considera de grande importância a iluminação dentro e fora dos túneis e viadutos, sugerindo iluminação durante todo o dia e com luminosidade suficiente de forma a ser possível ver através do túnel.

A AASHTO [34] sugere que a iluminação deve ser considerada para vias em que se preveja tráfego nocturno, quando as ciclovias são utilizadas por pessoas que viajam diariamente para o trabalho ou por estudantes. Dependendo da localização, deverá ser mantida uma luminosidade horizontal média de 5 lux a 22 lux, devendo ser adoptados valores maiores em zonas com problemas de segurança. Os postes de iluminação devem estar localizados fora do espaço de manobra das bicicletas, dando margens de segurança aos utentes e devem possuir dimensões apropriadas para o tráfego de bicicletas.

O Transport for London [36], como as restantes publicações, refere a importância de um aumento da luminosidade em zonas onde existam preocupações especiais com a segurança dos ciclistas. Em determinadas zonas e por razões estéticas ou de conservação, pode não ser aceitável a aplicação de iluminação, devendo as entidades responsáveis encontrar percursos nocturnos alternativos de modo a satisfazer as necessidades dos ciclistas. É também recomendada a aplicação de postes de iluminação alimentados a energia solar em zonas em que seja exigida baixa potência de iluminação, devendo os postes ser do tipo exemplificado na figura 3.9.



Fig.3.9 – Postes de iluminação alimentados por energia solar

### 3.7. PARQUES DE BICICLETAS

Às ciclovias como a muitas outras infra-estruturas modernas estão ligadas estruturas de apoio que têm como função complementar o funcionamento das primeiras e servir os utentes. As estruturas de apoio por excelência no domínio viário são os parques de estacionamento, desempenhando um papel similar numa rede ciclovária. A existência destes locais é um factor de promoção e de encorajamento para o ciclismo e para a utilização das ciclovias. Apesar de construtivamente não possuírem muitas especificidades, é muito importante que se faça um correcto planeamento da sua localização, da sua tipologia, dos seus materiais construtivos, etc. Dada a grande mobilidade e facilidade em parquear uma bicicleta em qualquer local, estes parques terão de ser apropriados e atractivos de forma a cativar

os ciclistas para a sua utilização, mesmo que isso signifique uma maior distância a percorrer entre este e o destino final do ciclista.

Em relação à localização dos parques, as publicações internacionais referem como pontos chave todos aqueles em que a procura de lugares de estacionamento é considerável, nomeadamente escolas, centros de cidades, estações, etc., não esquecendo os pontos de origem e destino das ciclovias que devem ser também munidos desta estrutura. Os parques devem ser desenhados de forma a serem próximos dos destinos das viagens, fáceis de usar, localizar e manter, seguros, com capacidade suficiente, atractivos esteticamente e com suportes apropriados, de forma a não danificar as bicicletas.

Existem ainda variados elementos de apoio, não só relacionados com os parques mas com as ciclovias em si. Do ponto de vista de engenharia estes elementos de apoio não são muito relevantes, mas possuem grande importância na prestação de um serviço de qualidade a todos os ciclistas que usufruem da ciclovias, devendo ser considerados durante o projecto de uma ciclovias. Neste grupo encontram-se balneários, vestiários com cacifos, zonas de descanso, miradouros, bares, etc.

As considerações efectuadas pela AASHTO [34] sobre este tema são muito breves e concisas. São definidas duas variedades diferentes de parques de bicicletas, parques de curta e de longa duração, com diferenças em relação à sua localização e protecção. As instalações de longa duração devem possuir uma maior segurança e protecção contra o clima. São apropriadas para situações em que as bicicletas ficam paradas longos períodos de tempo como acontece em escolas, locais de trabalho e apartamentos. A tipologia apropriada para estes casos é de locais fechados e com protecção, como compartimentos em edifícios, cacifos ou silos. Para instalações de curta duração devem ser garantidos apenas suportes para prender as bicicletas de forma segura sem preocupações especiais com o clima ou com a segurança sendo aplicadas em parques descentralizados onde o tempo de permanência das bicicletas é curto, estando bastante visíveis. As instalações devem estar munidas de variados tipos de suporte de forma a ser possível acomodar bicicletas com diferentes tamanhos e diferentes características.

Na publicação do Danish Roads Directorate [35] são dadas algumas indicações em relação ao espaço a considerar para a criação de parques de bicicletas. Para uma correcta estimação da capacidade, devem ser considerados pequenos períodos de tempo, aproximadamente de uma hora, de forma a ser possível responder às diferentes necessidades de procura que se possam verificar. Nos casos em que a procura excede em grande número a oferta, devem ser tomadas medidas de forma a minimizar esta situação, actuando-se na criação de mais espaço de parque ou na compressão do espaço existente, tornando-o mais eficiente e com maior capacidade de carga. É aconselhada a criação de um registo de utilização dos parques, já que assim a presença de veículos em excesso pode ser detectada rapidamente e corrigida em concordância. Esta entidade separa a tipologia dos parques em quatro categorias diferentes:

- Os parqueamentos de curtos períodos, até 30 min onde não é necessário colocar suportes para bicicletas;
- Os de duração entre 1 hora até 4 horas, onde devem ser montados suportes para prender as bicicletas;
- Os parques com duração diurna que devem ser cobertos, com supervisão e com suportes para prender as bicicletas;
- Os parques nocturnos que devem funcionar em compartimentos fechados.

Em relação aos suportes para a colocação das bicicletas, estes devem ser resistentes mas fáceis de reparar e trocar, sendo colocados numa posição ligeiramente inferior em relação ao resto do pavimento, de forma a dar mais estabilidade às bicicletas quando colocadas sobre estes suportes. No

quadro 3.9 encontra-se uma proposta do Danish Roads Directorate [35], baseada na experiência dinamarquesa, que fornece algumas relações aplicáveis à determinação da capacidade de um parque de bicicletas.

Quadro 3.9 – Oferta de lugares em parques de bicicletas segundo Danish Roads Directorate [35]

Actividade	Oferta
Ruas com comércio e centros de cidades	4-8 Lugares por 100 m <sup>2</sup> de área de lojas
Escritórios	1-4 Lugares por 100 m <sup>2</sup> de área de escritórios
Instituições educacionais	30-80 Lugares por cada 100 alunos
Recintos desportivos, cinemas, teatros, etc.	20-40 Lugares por cada 100 pessoas
Hospitais	20-50 Lugares por cada 100 camas
Parques, praias, parques de diversão	10-35 Lugares por cada 100 visitantes

Segundo o Transport for London [36], existem vários factores a considerar aquando da selecção da localização de um parque de bicicletas. Alguns destes estão relacionados com a melhor protecção para os ciclistas e as suas bicicletas e com a minimização da incomodidade em relação a outros utilizadores da via. Quando os suportes para as bicicletas se encontram próximos do limite do passeio, devem ser consideradas distâncias mínimas de 0,6 m em relação à guia para o interior do passeio, assegurando que as rodas das bicicletas não se encontram a obstruir o movimento dos veículos. Em zonas em que o espaço é reduzido, os suportes podem ser colocados com um ângulo de 45° ou ao longo da guia do passeio, sendo necessário para o primeiro caso uma largura de 1 m para acomodar os veículos. Apesar de existirem variados tipos de suporte que podem ser aplicados, esta entidade sugere o suporte Sheffield em forma de “U” invertido, com preços de instalação entre 140 e 280 €. Na figura 3.10 encontram-se representadas as características deste suporte para diferentes métodos de fixação. Nestes deve ser colocado um revestimento de nylon, borracha ou plástico, para aumentar a longevidade do material e reduzir a sua necessidade de manutenção, minimizando os possíveis estragos nas rodas das bicicletas. A fixação ao piso, tal como está representado na figura 3.10, pode ser efectuada usando uma fundação de betão como método preferencial, podendo por vezes ser necessário aparafusar o suporte ao solo em situações de substituição ou reparação. Para casos de espaço limitado e de estacionamento ocasional, é recomendada a aplicação de barras e anéis nas paredes, como solução de parque de bicicletas. Anéis com 150 mm de diâmetro ou barras com uma dimensão semelhante devem ser fixados às paredes a cerca de 700-800 mm de altura. Preferencialmente devem-se aplicar barras mais longas e mais largas, já que estas oferecem uma maior flexibilidade em termos de pontos para prender as bicicletas. Deverão também ser colocadas barras verticais para permitir a utilização mais abrangente em termos de tipos e tamanhos de bicicletas.

Os parques de bicicletas têm como principal função o estacionamento destes veículos mas poderão ser utilizados no fornecimento de outros tipos de serviço, como o aluguer de bicicletas (figura 3.11). É prática comum em grandes cidades europeias, a utilização do sistema de aluguer de bicicletas para promover a mobilidade de forma ecológica dos seus visitantes. Este sistema assenta numa rede de ciclovias e é apoiado por vários parques espalhados pelo tecido urbano das cidades, necessitando para isso de infra-estruturas de estacionamento semelhantes às indicadas neste ponto, com algumas características especiais directamente ligadas ao sistema de pagamento de arrendamento utilizado.



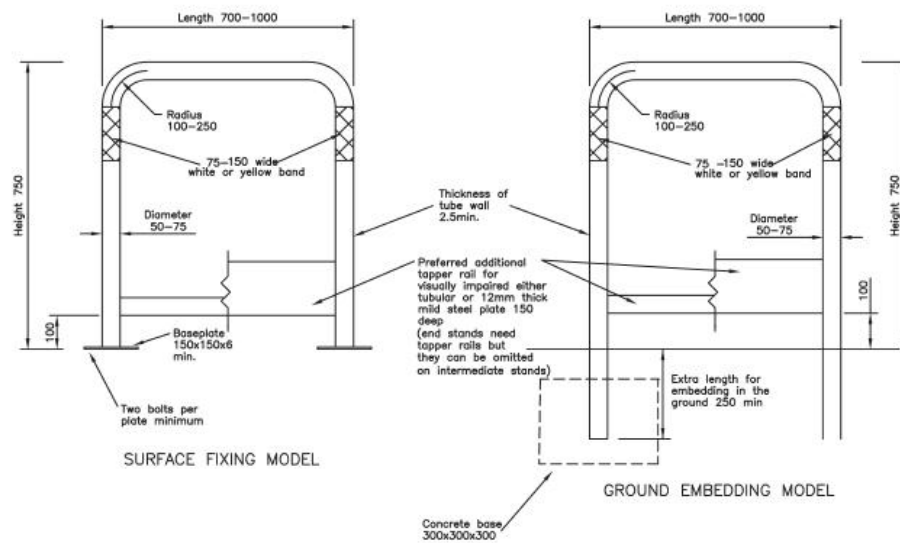


Fig.3.10 – Tipo de suporte Sheffield proposto pelo Transport for London [36] (valores em mm)



Fig.3.11 – Exemplos de diferentes tipos de parques e suportes

### 3.8. INTERSECÇÕES

Similarmente ao que se verifica em outras vias, as intersecções de ciclovias com estradas são um dos pontos mais críticos no projecto deste tipo de infra-estrutura. Nestes locais existe um risco potencial de conflitos entre os utilizadores das diferentes vias, verificando-se aqui a maioria dos acidentes entre bicicletas e veículos motorizados.

As intersecções devem ser desenhadas de forma a minimizar a confusão entre motoristas e ciclistas e a permitir a operação de ambos em concordância com as regras normais da estrada, garantindo sempre a

existência de boas condições de visibilidade em ambos os lados da intersecção. O impacto negativo das intersecções pode ser minimizado com a redução do número de conflitos, com uma correcta gestão e eliminação de movimentos conflituantes, com a redução da velocidade dos veículos motorizados ou com o aumento do estado de alerta dos diversos intervenientes. Existem variados tipos de intersecção a considerar neste ponto, que serão alvo de uma análise mais profunda em relação ao seu impacto nas ciclovias e a métodos a aplicar para melhorar os conflitos existentes entre bicicletas e veículos motorizados. Serão analisadas as intersecções prioritárias, as semaforizadas e as giratórias, fazendo o cruzamento de recomendações das publicações estudadas. É importante referir que grande parte das sugestões presentes nas publicações referidas assenta nos casos de ciclovias anexas a estradas e na sua tipologia.

### 3.8.1. INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS

A maioria das intersecções de ciclovias com outras vias é desta tipologia, onde a prioridade é dada aos veículos que circulam na via principal. Esta prioridade é sinalizada como nas restantes vias, utilizando sinais de cedência de passagem e de stop. Em algumas situações não existe sinalização específica nestes locais, sendo aplicável a regra geral de cedência de passagem. Todas as publicações referem que este tipo de intersecção entre veículos origina alguns acidentes, principalmente nas viragens à esquerda do tráfego da via secundária e nos cruzamentos entre veículos.

O Danish Roads Directorate [35] refere que um terço dos acidentes com ciclistas que ocorrem na Dinamarca é localizado em intersecções prioritárias. A garantia de visibilidade e de prioridade são considerados dois factores chave para um correcto funcionamento da intersecção, reduzindo desta forma a sinistralidade existente neste tipo de intersecções.

É sugerida a aplicação de algumas medidas de projecto, de forma a clarificar os sentidos de circulação prioritários a todos os intervenientes. Essas medidas podem ir desde um aumento da densidade de sinais, à criação de ilhas direccionais e a elementos de acalmia de tráfego, como saídas redutoras de velocidade, que se traduzem pelo desenvolvimento contínuo de ciclovias ou passeios na intersecção, sendo possível a sua elevação em relação à intersecção funcionando como lombas, reduzindo a velocidade dos veículos na aproximação a estas. A visibilidade entre os vários elementos presentes nas intersecções é condicionada pela vegetação existente, pela iluminação e pela geometria das vias na intersecção, devendo esta ser uniforme em várias direcções. Como valor de referência em relação à distância livre a que devem ser vistos os ciclistas pelos veículos presentes na estrada, é sugerido o valor de 20 m antes de cada intersecção. Este valor deve ser aumentado em situações de grandes declives descendentes, por força do aumento da velocidade das bicicletas, para distâncias de 25 m e de 30 m com declives de 20% e 50% respectivamente. Algumas medidas adicionais podem ser aplicadas nas envolventes das vias para uma melhoria da visibilidade nos cruzamentos, tais como a proibição de estacionamento e quebras na vegetação e nas marcações.

Em intersecções com baixos volumes de tráfego com ciclovias anexas às estradas, estas deverão ser contínuas, não sendo interrompidas no cruzamento, sendo elas próprias um factor de acalmia de tráfego para as vias sem prioridade.

Para intersecções com volume moderado de tráfego nas vias secundárias, as ciclovias anexas às estradas devem ser interrompidas, já que desta forma a intersecção torna-se mais dinâmica, permitindo uma maior fluência de tráfego automóvel e um aumento do estado de alerta dos diversos intervenientes. Estas interrupções devem ser complementadas por marcações especiais, como as que se

verificam na figura 3.12 para o caso de Portugal, ou por uma camada de mistura termoplástica azul, sugeridas também para entroncamentos com ciclovias anexas à via principal.

Para intersecções com volumes elevados de tráfego, principalmente no caso de vias de grande capacidade, é recomendado recuar a intersecção com a via secundária 5-7 m do cruzamento em si, exceptuando quando se verifica uma grande quantidade de tráfego de veículos pesados, fazendo a passagem da ciclovias numa plataforma elevada em relação à via secundária (figura 3.12). Esta solução permite uma redução dos conflitos, criando ao mesmo tempo uma capacidade de armazenamento de um veículo e uma medida de redução de velocidade para a via secundária, obrigando os motoristas a dar passagem às bicicletas e prevenindo a paragem destes na ciclovias. Como uma última referência neste tipo de intersecções, é importante referir que a presença da ciclovias anexa à via principal origina problemas de segurança de mais difícil resolução do que o caso em que esta se encontra anexa à via secundária.



Fig.3.12 – Intersecção elevada de uma ciclovias com uma via secundária

De acordo com o Transport for London [36] existem alguns factores geométricos e de visibilidade que deverão ser considerados no projecto das intersecções, principalmente no caso das prioritárias. Segundo esta entidade, deverão ser garantidos raios externos mínimos de 4 m nas intersecções, para que a progressão dos ciclistas não seja interrompida quando estes têm prioridade.

Em termos de projecto e particularmente no caso dos entroncamentos, existem variadas soluções a serem aplicadas em termos de ângulos, larguras de faixa, número de vias, etc. Por norma um ângulo de aproximação de 90° é considerado o mais seguro, fornecendo uma melhor visibilidade e uma redução da velocidade dos veículos. Todos os movimentos de viragem de entrada e saída presentes no entroncamento devem ser considerados, principalmente aqueles que pela sua direcção possuem mais pontos de conflito com o restante tráfego. Algumas soluções recomendadas para este tipo específico de intersecções englobam a criação de refúgios centrais, de ilhas centrais na via principal para melhorar a viragem de ciclistas para as vias secundárias e de ciclovias de aproximação separadas onde existam grandes volumes de tráfego.

Os princípios aplicados ao caso dos entroncamentos são similares aos que se aplicam aos cruzamentos. Nos casos em que as ciclovias se encontram anexas à via principal é possível permitir aos ciclistas a utilização da via de viragem à esquerda, em conjunto com os veículos motorizados, apesar de com a presença de grandes volumes de tráfego e de altas velocidades esta solução se tornar difícil ou mesmo



indesejável. Os estreitamentos de via, utilizados como medidas de acalmia de tráfego, podem ser aplicados no caso de intersecções prioritárias, já que têm a função suplementar de melhorar a segurança das passagens de ciclistas ao reduzir a velocidade dos veículos motorizados e ao melhorar a visibilidade geral da via, já que impede o estacionamento dos veículos ao longo desta. No entanto este tipo de construções podem criar pontos de conflito entre ciclistas e veículos, quando se verificam larguras de via menores que 4 – 4.5 m, devendo nestes casos ser evitadas. Alternativamente a estes estreitamentos de via, poderão ser colocadas restrições ao nível do estacionamento de veículos, se existente. Em casos em que seja apropriado e aplicável é sugerido nesta publicação que o sistema de prioridades seja modificado, para que a ciclovia não tenha de ceder prioridade a outros veículos.

As recomendações da AASHTO [34] sobre as medidas a aplicar no projecto das intersecções, apenas incidem sobre os casos das intersecções prioritárias, não fazendo referência às restantes. Para este tipo de intersecções, esta publicação faz diferentes considerações, consoante a categoria em que se enquadra.

Uma dessas categorias refere-se ao cruzamento simples entre uma ciclovia e uma estrada, que devem ser suficientemente afastados de outras intersecções, principalmente as que se verificam entre estradas, de forma a separar claramente a actividade que ocorre quando os motoristas fazem a aproximação a estas intersecções. Este tipo de intersecção é correntemente utilizado em ciclovias segregadas, podendo existir variados ângulos de aproximação da ciclovia em relação à estrada. A AASHTO [34] recomenda a aplicação de um ângulo mínimo de cruzamento de 45°, já que a partir deste valor existe uma maior clarificação da definição de prioridades para todos os intervenientes. No entanto, este ângulo deve ser o mais próximo possível de 90°, devendo proceder-se ao rearranjo da intersecção de forma concordante, como se explicita na figura 3.13, tornando a ciclovia mais segura, tal como já foi referido anteriormente.

Nas restantes categorias encontram-se as intersecções de ciclovias adjacentes às vias principais e as intersecções complexas. As primeiras, exemplificadas na figura 3.14, ocorrem quando a ciclovia intersecta uma via numa intersecção já existente entre duas vias. Segundo esta entidade é preferível que o cruzamento da ciclovia se dê neste local, permitindo um reconhecimento mútuo entre ciclistas e motoristas dos veículos, tornando mais fácil a percepção no local dos tráfegos conflituantes. A via intersectada pela ciclovia poderá ser uma via principal ou secundária, devendo existir linhas de visão bastante claras através dos cantos de forma a evitar acidentes. Neste tipo de intersecções é importante restringir e controlar os movimentos de atravessamento sobre a ciclovia e reduzir a velocidade dos veículos que fazem viragens à direita com aplicação de curvas mais apertadas.

A última categoria referente a intersecções complexas engloba as restantes intersecções entre ciclovias e estradas, como o cruzamento das ciclovias através de uma intersecção entre estradas já existentes. Para este tipo de intersecções as soluções a aplicar devem ser estudadas caso a caso, sendo no entanto sugeridos alguns tratamentos tipo como: deslocar o cruzamento, instalar sinalização, alterar os tempos de sinalização luminosa ou criar zonas de refúgio para permitir a passagem das bicicletas em duas fases.

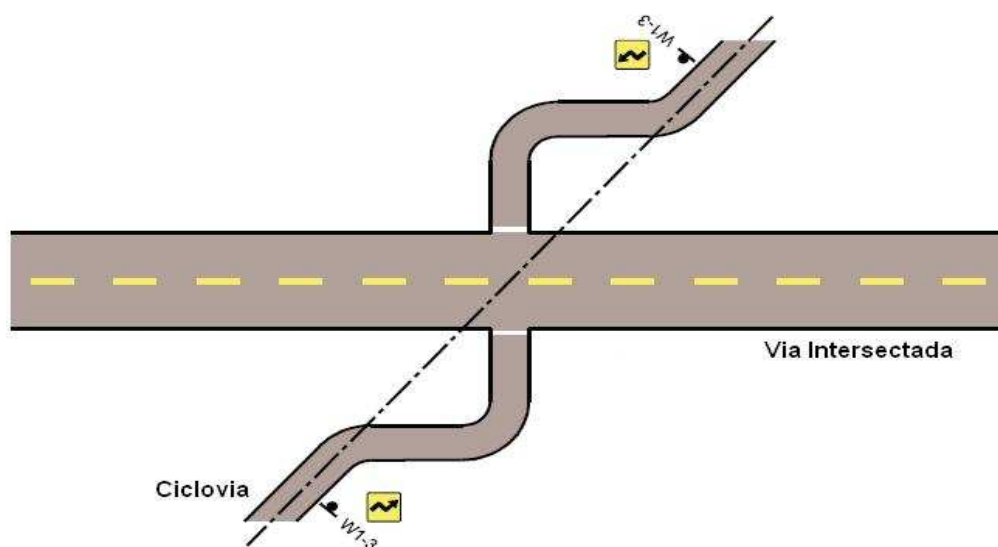


Fig.3.13 – Intersecção de uma ciclovias diagonal em relação à via intersectada [34]

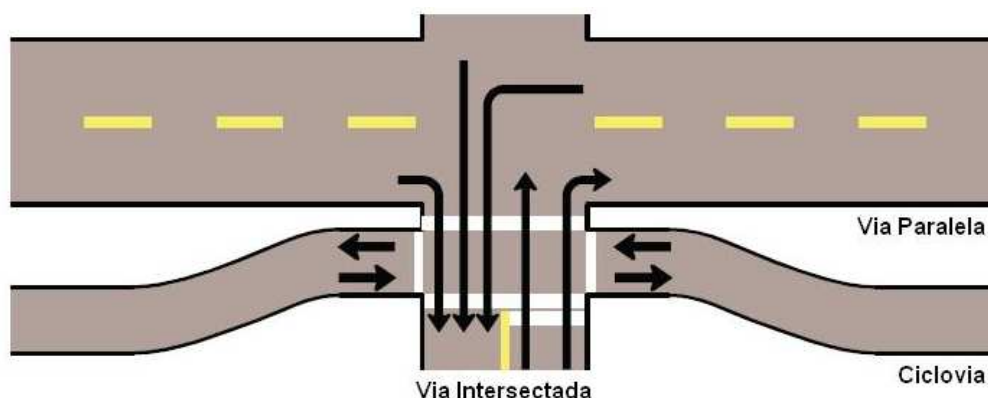


Fig.3.14 – Intersecção de uma ciclovias adjacente a outra via [34]

Independentemente da categoria em que se enquadre a ciclovias existem algumas variáveis que são constantes a todas elas e que devem ser consideradas e levadas em conta, para que o projecto das intersecções seja o melhor possível. Algumas destas variáveis incluem a definição das vias prioritárias, a sinalização aplicada, as zonas de transição e as ilhas centrais.

A definição de prioridades em intersecções não deve ser apenas feita em concordância com requisitos como volume, velocidade e classificação da via, mas também tendo em consideração o conforto e algumas características comportamentais dos ciclistas e dos motoristas. É aconselhado que as prioridades aplicadas não sejam demasiado restritivas no sentido de proteger os ciclistas, já que este processo pode criar confusão e levar à prática de manobras inseguras por parte de ambos os intervenientes.

Os sinais de trânsito aplicados em intersecções deverão estar em concordância com as recomendações feitas em 3.4, sendo recomendada a utilização de sinais de cedência de passagem o mais próximo

possível da intersecção, complementada por marcações no piso. Deve ser tomado um cuidado especial de forma a assegurar que os sinais orientados para os ciclistas não confundam os motoristas que circulam na estrada ou vice-versa.

Em relação às zonas de transição, em situações onde as ciclovias terminam em estradas existentes, devem ser tomadas medidas especiais no respectivo projecto para que a transição se processe de forma segura para a corrente de tráfego automóvel, integrando desta forma a ciclovia na rede de estradas existente. Com isto em mente e durante o projecto de uma ciclovia com estas características, as intersecções devem ser consideradas como pontos potenciais de entrada e saída para a estrada ao longo de todo o seu desenvolvimento. As ilhas centrais para criação de zonas de resguardo devem ser aplicadas em casos de grande volumes ou velocidades de tráfego rodoviário, para situações em que a largura de via da estrada é excessiva comparativamente ao tempo disponível para o atravessamento e para casos em que o atravessamento seja feito por um grupo de pessoas que circulem a velocidades baixas, como idosos e crianças. A área de resguardo deve possuir uma área suficiente, de forma a acomodar vários ciclistas ao mesmo tempo de forma segura, sendo sugerido pela AASHTO [34] os valores e a tipologia presente na figura 3.15.

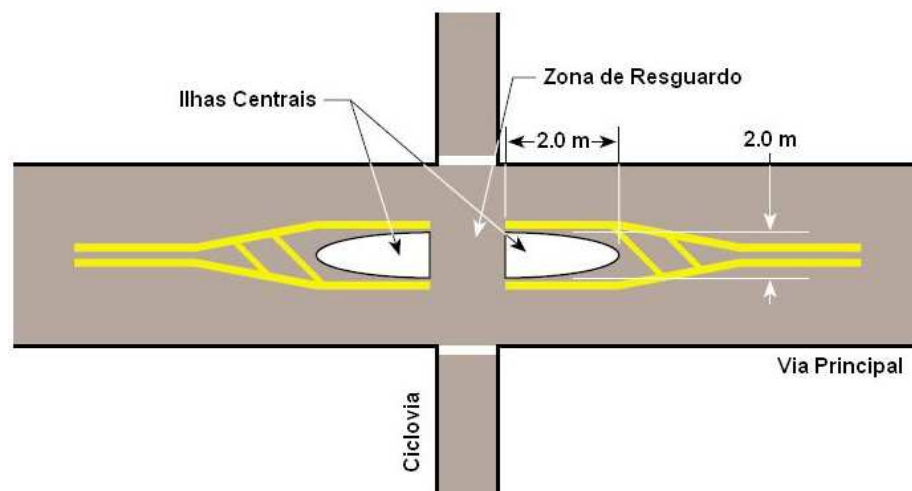


Fig.3.15 – Ilha central para criação de zona de resguardo [34]

### 3.8.2. INTERSECÇÕES SEMAFORIZADAS

As intersecções controladas por sinais luminosos são adoptadas com o objectivo principal de melhorar o fluxo de tráfego e a segurança rodoviária, já que contribuem para a diminuição dos riscos corridos pelos veículos e respectivos condutores. Com este tipo de solução verifica-se uma separação dos fluxos de tráfego de atravessamento, reduzindo assim a probabilidade de colisão referente a este tipo de movimento. No entanto criam-se pontos de conflito entre os tráfegos no mesmo sentido de deslocamento, os movimentos de viragem tanto à esquerda como à direita com os movimentos de atravessamento, conflitos esses que não são resolúveis com os sinais luminosos em si. Os acidentes mais frequentes envolvendo bicicletas neste tipo de intersecção são acidentes com veículos motorizados com movimentos de viragem à esquerda e à direita e com veículos que procedem ao atravessamento da via, em casos em que os ciclistas não respeitam o sinal vermelho. A aplicação deste tipo de intersecções é comum em ciclovias adjacentes a estradas, visto que, como se desenvolvem ao

longo da via motorizada, terão necessariamente que ser expostas a controlos por sinais luminosos, muito habituais no tráfego rodoviário.

Os dados relativos a acidentes em intersecções semaforizadas na Dinamarca, fornecidos pelo Danish Roads Directorate [35], apontam para que um sexto dos acidentes e mortes de ciclistas se verifiquem neste tipo de intersecções. Como qualquer utilizador da via publica os ciclistas terão que respeitar os sinais luminosos e agir em concordância com estes. Assim, quando os ciclistas que se deslocam numa ciclovía atingem uma intersecção semaforizada para veículos motorizados, terão que seguir toda a sinalização orientada para estes veículos. É aconselhável nestes casos a criação de uma via independente de viragem à esquerda para os automóveis, obtendo-se desta forma uma clara redução do número de acidentes entre este movimento e o de ciclistas que fazem o atravessamento da intersecção.

Existem em algumas intersecções semaforizadas a possibilidade de instalação de sinais luminosos para ciclistas, trazendo algumas vantagens aos vários intervenientes. Os semáforos para ciclistas podem ser utilizados para dar aos ciclistas um sinal verde antecipado em relação ao dos automóveis, dando um avanço de alguns segundos às bicicletas tornando-as mais visíveis aos olhos dos motoristas. Podem também ser utilizados com o objectivo de reduzir o tempo de verde, privilegiando e facilitando o tráfego automóvel. Com a aplicação desta sinalização específica para ciclistas é imperativo que estes cumpram sempre as instruções dadas pelos sinais.

Quando a sinalização luminosa presente na via é controlada por sistemas de controlo de veículos, aplicando sensores de passagem de veículos no pavimento, o mesmo procedimento deve ser aplicado às ciclovias que confluem nessa intersecção, através da aplicação dos mesmos sensores na ciclovía ou da presença de métodos manuais, como a colocação de botões nos semáforos, adequados para ciclistas. A melhor maneira para detectar os ciclistas é fazer uma combinação dos dois métodos, tanto o de sensores como o manual, permitindo que este último método funcione como recurso no caso de o sensor não funcionar correctamente. A inserção de sensores de passagem de ciclistas deve ser efectuada a alguma distância da intersecção de forma a permitir fazer a mudança do sinal ou a duração do tempo de verde em segurança, tal como é visível na figura 3.16.



Fig.3.16 – Sensores de passagem aplicados a ciclovias

A vantagem da aplicação deste tipo de sensores é a redução do tempo de espera dos ciclistas, não sendo necessário recorrer ao sistema manual. Como grande desvantagem, para além do custo de aplicação deste sistema, é de referir a sua área de activação. Esta área terá que ser bem definida, através de marcações claras no pavimento ou abranger uma área de passagem inevitável ao tráfego normal das bicicletas.

As ciclovias anexas a estradas poderão ser tratadas de duas formas ao se aproximarem das intersecções semaforizadas, podendo ser interrompidas alguns metros antes ou ser continuas até à linha de paragem sob o semáforo. A interrupção de uma ciclovia deve ser aplicada em casos em que os ciclistas circulam a altas velocidades, de forma a tornar a intersecção mais segura, visto que se minimizam os conflitos entre ciclistas e veículos com intenção de fazer viragens à direita. É sugerido que esta interrupção seja efectuada 20-30 m antes da intersecção, estando esta distância dependente do volume de veículos com o movimento de viragem à direita. Com a aplicação desta medida os ciclistas e os motoristas passam a estar ao mesmo nível e fisicamente mais próximos, tendo ambos a responsabilidade de resolver os conflitos entre si. É importante garantir que nestas áreas em que o tráfego é misto, a largura de via é suficiente para a coexistência de diferentes tipos de veículos, apontando-se um valor mínimo de 4 m como aceitável.

Comparativamente a situações em que não existe via separada de viragem à direita, verifica-se que a interrupção da ciclovia e respectiva mistura de tráfegos é mais segura de um ponto de vista da segurança rodoviária. Alternativamente à interrupção da ciclovia, esta pode desenvolver-se de forma contínua até atingir a intersecção. Para este tipo de aproximação à intersecção é possível que existam alguns conflitos, principalmente entre movimentos de atravessamento dos ciclistas e de viragem dos motoristas. Em intersecções com a presença de uma grande quantidade de tráfego pesado com movimento conflituante com os atravessamentos previstos para as ciclovias, os conflitos são ainda mais problemáticos, visto que nas viragens à direita, os condutores de veículos pesados têm dificuldades em observar as bicicletas que se deslocam à sua direita. De forma a mitigar este problema, é aconselhado pelo Danish Roads Directorate [35] a utilização de linhas de stop avançadas. Estas marcações são avançadas relativamente às existentes para o tráfego motorizado, o que permite que as bicicletas paradas num sinal vermelho se mantenham à frente dos automóveis, como se vê na figura 3.17, tornando-as mais visíveis a estes e permitindo-lhes entrar na intersecção com alguma antecedência relativamente aos restantes veículos.

Em intersecções com grande capacidade, é recomendada a criação de uma ciclovia entre a via de viragem à direita e a via de atravessamento dos automóveis. O objectivo desta via é afastar da intersecção o conflito existente entre os veículos que viram à direita e as bicicletas que fazem o atravessamento da intersecção, tornando este processo menos perigoso. Complementarmente os ciclistas que fazem o atravessamento tornam-se mais visíveis para os automóveis que se cruzam com estas vindas da sua direita.



Fig.3.17 – Linha de STOP avançada

Na perspectiva do Transport for London [36] a optimização dos tempos de sinais deve ser efectuada em função das necessidades dos ciclistas, mesmo que isso signifique uma redução efectiva da capacidade da intersecção. Sempre que possível deve ser aplicada tecnologia de detecção de bicicletas, como forma de optimização das intersecções e do seu sistema de sinais luminosos. Na aplicação de semáforos em intersecções, deve-se evitar a sua colocação não justificada, já que esta terá consequências em termos económicos e dos tempos de viagem. É ainda sugerido aos projectistas a utilização de sistemas que permitam dar ao ciclista prioridade inequívoca sobre o sinal luminoso, usando um sistema de bypass do semáforo, tal como está representado na figura 3.18.



Fig.3.18 – Bypass do sinal luminoso por parte da ciclovia [36]

É fortemente recomendado por esta publicação a utilização de linhas de stop avançadas em todas as intersecções semaforizadas. Como já foi referido, estas estruturas têm levado a consideráveis melhorias no funcionamento das intersecções, verificando-se que têm um efeito desprezável na capacidade da intersecção comparativamente com a não aplicação destas estruturas. O arranjo recomendado das linhas de stop avançadas consiste num simples sinal primário na linha de paragem



dos ciclistas acompanhado por um trecho de ciclovia avançada. O comprimento deste trecho deverá ser tão longo como o máximo comprimento da fila que se cria em horas de ponta, sendo recomendados valores na ordem dos 5 m, com 4 m de valor mínimo.

Os trechos de ciclovia avançada localizados centralmente podem ser utilizados em substituição ou em complemento com as ciclovias adjacentes à estrada, de forma a reduzir o conflito entre os veículos e os movimentos dos ciclistas na intersecção, particularmente onde existe uma ciclovia específica de viragem à direita. É importante garantir que os ciclistas atingem este trecho de forma segura, já que é expectável que o tráfego automóvel se mova com alguma velocidade, devendo reforçar-se a sinalização nas ciclovias de acesso a esse ponto.

Em termos de largura de via para o trecho de ciclovia avançada, o Transport for London [36] sugere um valor recomendado de 1,5 m, podendo ir até 1,3 m de largura mínima em zonas em que a largura disponível é menor. As vias para automóveis podem ser reduzidas para 2,7 m ou um mínimo absoluto de 2,5 m, as quais permitem que o tráfego motorizado não bloqueie ou ocupe a ciclovia. No âmbito do projecto para as linhas de stop avançadas devem-se considerar:

- Símbolos com dimensões relativamente consideráveis para colocar no trecho avançado da ciclovia;
- Superfícies coloridas nas ciclovias para alertar para existência desta estrutura;
- Se necessário rever e alterar as marcações e larguras das ciclovias existentes e considerar ciclistas e ciclovias no sentido oposto ao da colocação de linhas de stop avançadas;
- O comprimento do trecho avançado deve ser maximizado o mais possível de forma a acomodar e transmitir um maior sentimento de segurança aos ciclistas;
- Colocar mais do que uma ciclovia de acesso ao trecho avançado para permitir movimentos de viragem à direita e atravessamentos.

Na figura 3.19 encontra-se representada um esquema de uma linha de stop avançada, com os valores das dimensões mínimas e recomendadas.

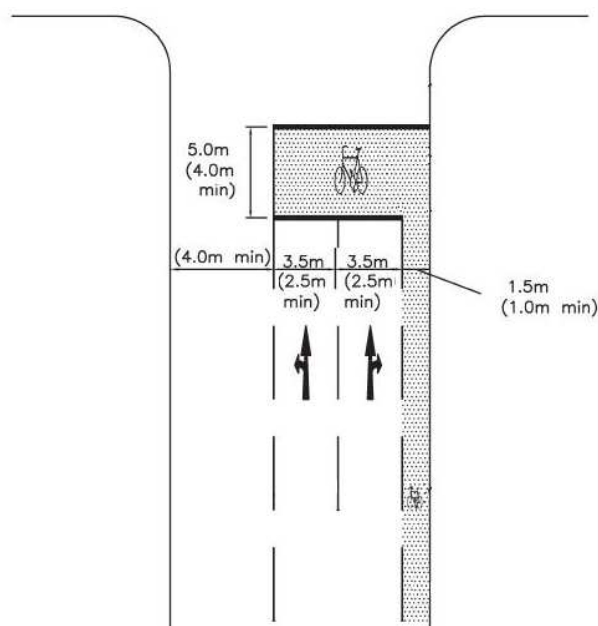


Fig.3.19 – Esquema de uma linha de stop avançada (Transport for London [36])

Esta entidade considera que em locais em que a velocidade, a segurança e o fluxo de tráfego assim o exige, as intersecções de ciclovias com estradas, principalmente ciclovias segregadas, devem ser efectuadas em conjunto ou em paralelo com as passagens de peões, onde se devem considerar os movimentos dos peões e dos ciclistas e reduzir o conflito entre estes. Em todas estas estruturas de atravessamento devem ser consideradas rampas de saída das ciclovias, que permitam aos ciclistas entrar na estrada com toda a facilidade e comodidade.

### 3.8.3. INTERSECÇÕES GIRATÓRIAS

As intersecções giratórias são construções que criam algumas dificuldades em termos de projecto de ciclovias. Frequentemente utilizadas para melhorar o fluxo de tráfego e a segurança dos veículos motorizados em intersecções, as rotundas originam muitos conflitos na sua interacção com as ciclovias.

Uma das formas encontradas para tentar reduzir estes conflitos e conseguir compatibilizar estas duas estruturas foi a implementação de uma ciclovia no interior da rotunda. Este método foi primeiramente desenvolvido no Reino Unido, tendo sido seguido por alguns países, entre os quais a Dinamarca. Assim sendo, as duas publicações analisadas que fazem referência à aplicação de ciclovias em intersecções giratórias, baseiam-se no mesmo método de implantação.

Na figura 3.20 é possível observar uma rotunda com uma ciclovia implementada na sua periferia, desenhada segundo os critérios apresentados pelas entidades analisadas. Apesar da recomendação pela utilização deste tipo de prática, novas publicações referem que este desenho é muito perigoso para os ciclistas sendo liminarmente rejeitado.

Com a utilização desta ciclovia periférica, os veículos que entram na rotunda não possuem um ângulo de visão suficiente que lhes permitam ver os ciclistas que se aproximam pelo seu lado esquerdo, originando uma grande percentagem de acidentes entre bicicletas e veículos motorizados. Como alternativa mais segura a este método, é aconselhada a interrupção das ciclovias alguns metros antes da entrada da intersecção giratória, permitindo uma homogeneização das bicicletas no fluxo de tráfego motorizado.



Fig.3.20 – Ciclovia aplicada em rotunda



## 4

## PROJECTO DE CICLOVIA: Caso de estudo

### 4.1. ENQUADRAMENTO E DESCRIÇÃO DAS ZONAS ESTUDADAS

Considerando o impacto que a bicicleta e o aumento do ciclismo possuem em diversos aspectos da sociedade e com base nas disposições construtivas compiladas e apresentadas no capítulo anterior, foram analisadas algumas zonas da cidade do Porto, com o objectivo de implementar uma ciclovia que respeite os condicionalismos locais e se desenvolva de acordo com os padrões de qualidade definidos internacionalmente.

A área considerada para o desenvolvimento deste projecto centrou-se em grande parte na zona marítima e ribeirinha da cidade do Porto, mercê da cooperação entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a Câmara Municipal do Porto, instituição que facultou todos os recursos e dados necessários para a elaboração do projecto numa zona de interesse mútuo previamente definida. O trabalho a efectuar neste contexto tinha duas vertentes, sendo a primeira destinada à avaliação de eventuais propostas de reestruturação das estruturas cicloviárias já construídas no local de estudo e uma outra focalizada no prolongamento e complemento destas.

Na figura 4.1 encontra-se representada a área de estudo, em particular o troço que se desenvolve desde o início da Avenida de Montevideu até ao final da Avenida de Paiva Couceiro, numa extensão aproximada de 11 km. Este troço desenvolve-se ao longo da frente marítima da cidade numa primeira fase, seguindo paralelamente ao rio até ao seu término, como se verifica na figura 4.1, apresentando condições geométricas propícias à construção de ciclovias, sobretudo devido à inexistência de declives acentuados. Esta proximidade marítima é uma das principais características da envolvente da área em estudo, originando elevados fluxos populacionais a esta zona como consequência da sua vocação para o lazer. Aliado a este facto, a zona ribeirinha da cidade do Porto está classificada como Património Mundial da Humanidade, levando a uma maior visibilidade em termos turísticos, factor este que pode influenciar a futura utilização da ciclovia. O longo trajecto projectado permite-lhe atravessar zonas de diferentes funcionalidades orgânicas da cidade, começando nas imediações de um espaço verde com grande utilização desportiva e recreativa, continuando ao longo de uma área de praias, habitação e restauração e atravessando a zona nobre e histórica da cidade.

Toda a área ribeirinha e marítima da cidade do Porto têm passado nos últimos anos por uma reestruturação e renovação evidente, encontrando-se ainda neste momento a sofrer alterações em algumas das suas secções. Com a reformulação de determinadas zonas da rede viária, as suas características vão sofrendo grandes variações ao longo do percurso o que condiciona fortemente o projecto de ciclovias. Estas variações fazem-se sentir sobretudo no perfil transversal da via,

desenvolvendo-se em alguns locais numa faixa de rodagem de 8 m com um sentido de circulação comparativamente com outras zonas em que a faixa de rodagem possui 6,5 m para dois sentidos. Esta descontinuidade estende-se ainda às dimensões dos passeios e às suas características construtivas ou mesmo à existência em alguns locais de uma linha de eléctrico adjacente à estrada, o que dificulta a adopção de características constantes ao longo de todo o percurso, inviabilizando a aplicação de uma solução única com alguma continuidade e coerência.

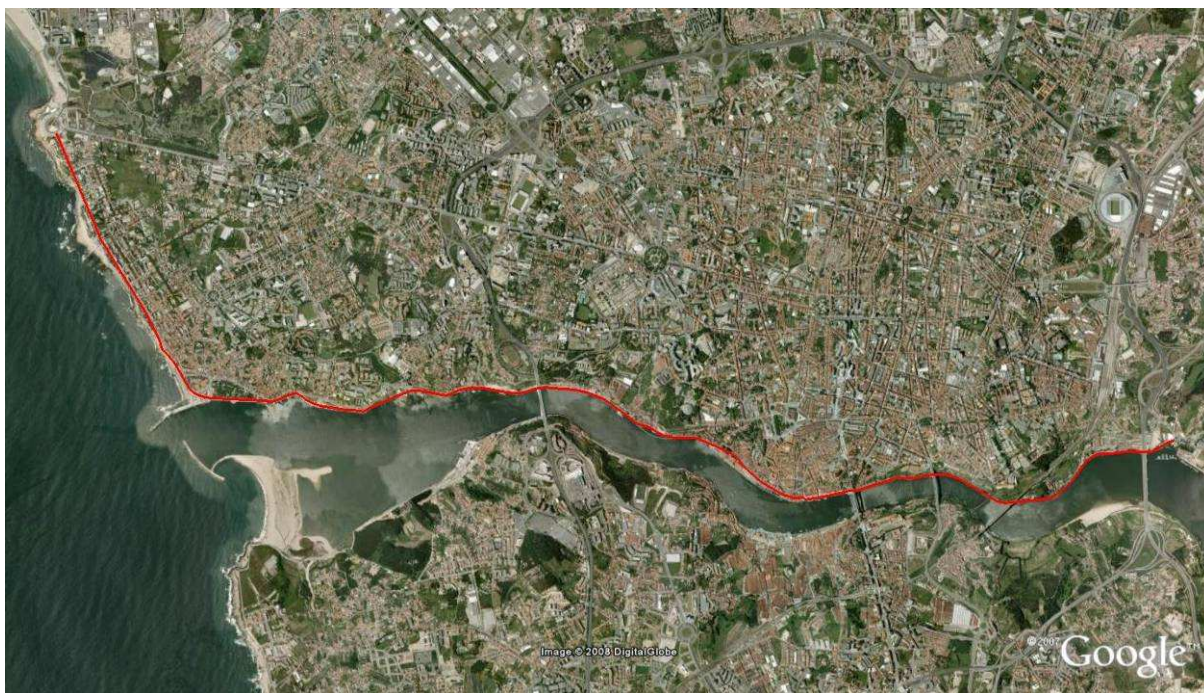


Fig.4.1 – Área de estudo

As diferentes características genéricas existentes ao longo do trajecto estudado, bem como o tipo de acção a ser tomada em relação a estas, desde pequenas sugestões pontuais para melhoria das infra-estruturas já existentes à reformulação profunda ou criação de novas vias para ciclistas, levou a que a análise ao trajecto predefinido fosse dividida em secções de mais curta extensão com características semelhantes, sendo analisadas e tratadas separadamente. Os troços considerados foram delimitados da seguinte forma:

- Troço A – Avenida Montevideu até à Rua Coronel Raúl Peres;
- Troço B – Rua Coronel Raúl Peres até à Rua do Passeio Alegre;
- Troço C – Rua do Passeio Alegre até à Rua do Ouro;
- Troço D – Rua do Ouro até ao Cais da Ribeira;
- Troço E – Avenida Gustave Eiffel até ao final da Avenida de Paiva Couceiro.

A análise das secções acima referidas baseou-se essencialmente nas disposições construtivas coligidas no capítulo anterior, dentro das quais existem alguns pontos de especial importância e nos quais foi centrada maior atenção no estudo. As características geométricas, em especial a largura de via e o declive, o tipo de pavimentos utilizado e as sinalizações e marcações assumem-se como elementos principais a considerar na análise e no projecto. Apesar de não se apresentarem como factores

demasiado condicionadores para o local em estudo, os raios mínimos horizontais bem como a drenagem e iluminação são abordados e verificados de forma recorrente.

## 4.2. SECÇÕES ESTUDADAS

### 4.2.1. TROÇO A – AVENIDA MONTEVIDEU ATÉ À RUA CORONEL RAÚL PERES

Este primeiro troço em análise é, comparativamente com os restantes, o que apresenta melhores condições para a prática de ciclismo em termos de segurança e conforto, factor facilmente explicável pela existência de uma ciclovias com características próximas das recomendadas por algumas publicações nesta área. Assim sendo e tendo em conta a qualidade da ciclovias já existente e a sua implementação num passado recente, o estudo efectuado para este percurso incide essencialmente em sugerir pequenas medidas de rectificação que visem melhorar as condições da infra-estrutura já existente e garantir o seu correcto funcionamento.

Este troço possui um desenvolvimento de 1,5 km, sendo constituído na sua grande maioria por alinhamentos rectos com declives praticamente desprezáveis, fruto da sua proximidade com o nível do mar. Após uma rápida observação à envolvente do local onde se encontra implantada a ciclovias (figura 4.2), verifica-se que o perfil transversal da marginal é composto, em grande parte da sua extensão, por passeios de largura considerável, nunca inferiores a 8 m, e por uma faixa de rodagem com dois sentidos, cada um destes com duas vias, sendo mesmo permitido o estacionamento num dos sentidos paralelamente à via. As características específicas deste perfil, especialmente no que se refere às pequenas limitações espaciais, permitem que a ciclovias se desenvolva sem grandes restrições e de forma linear, podendo cumprir todos os requisitos estipulados para as mais variadas disposições construtivas.

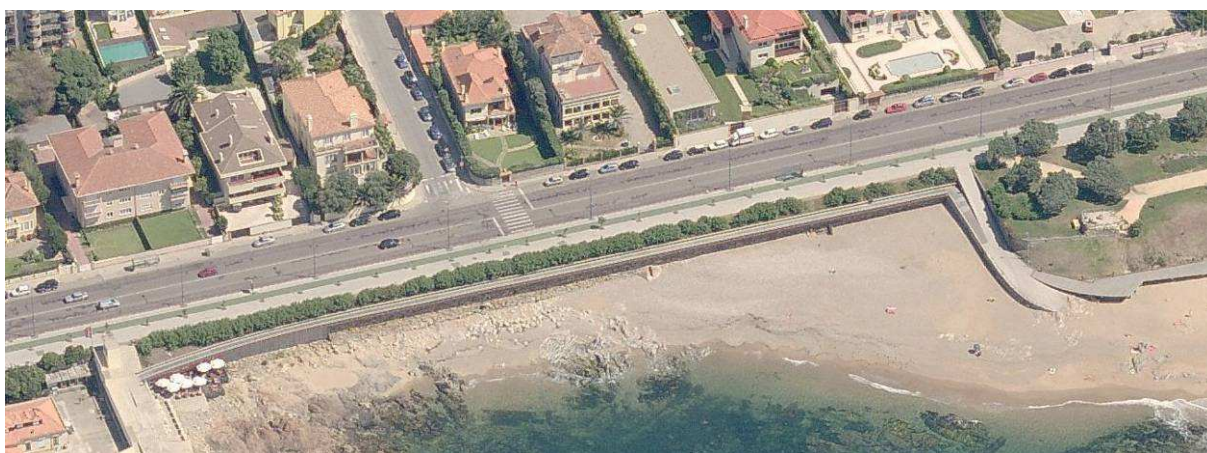


Fig.4.2 – Vista do Troço A

A ciclovias presente neste troço desenvolve-se de forma segregada e paralela à via principal partilhando o passeio com os peões, sendo claramente demarcada por uma faixa de cor verde e por sinalização dedicada. Relativamente às características geométricas, a ciclovias apresenta uma largura de 2 m ao longo do seu trajecto, com pequenos declives e com poucos desvios na sua trajectória, cujo traçado em planta é essencialmente recto. Encontra-se sensivelmente a 2 m da faixa de rodagem, o que oferece aos seus utilizadores um maior conforto e sensação de segurança, com o seu pavimento a ser revestido com uma camada de cobertura de cor verde sendo delimitada por duas linhas longitudinais contínuas de 100 mm. As restantes marcações efectuadas no piso restringem-se aos símbolos de ciclovias,

estando estes aplicados com determinados intervalos ao longo da via, e às marcações específicas presentes nas imediações das passadeiras, nomeadamente as setas definidoras dos sentidos de circulação e sinais de perigo de passagem de peões. Relativamente à sinalização vertical, encontram-se aplicados sinais de obrigatoriedade, presentes no quadro 3.8, que indicam a existência de vias segregadas para o uso de bicicletas e peões, no interior de um painel de cor verde, conjuntamente com a distância do percurso em que ele é válido. Uma última referência para a existência de iluminação artificial nas imediações da ciclovía o que permite a utilização nocturna desta infra-estrutura.

Uma avaliação mais cuidada ao troço de ciclovía em estudo permite concluir que esta vai de encontro às necessidades genéricas dos ciclistas e segue as recomendações e boas práticas sugeridas por entidades internacionais com vários anos de experiência na área. Neste contexto, a análise subdivide-se em dois pontos, um primeiro em que todas as características da ciclovía são comparadas com as recomendações efectuadas no capítulo 3 avaliando de forma simplista a qualidade da infra-estrutura e um outro em que se apontam alguns problemas e deficiências localizadas recolhidas na perspectiva dos utilizadores.

Numa análise comparativa entre as características da ciclovía e as disposições do projecto, verifica-se que esta segue algumas das directrizes internacionais, cumprindo pelo menos os requisitos mínimos em cada um dos pontos. Em relação à largura da ciclovía, o valor utilizado (2 m) corresponde ao valor mínimo absoluto sugerido pelo Transport for London para uma situação de vias não adjacentes a estradas e com dois sentidos de circulação, apontando as restantes publicações para valores superiores tanto para mínimos absolutos como para mínimos recomendados. As publicações recomendam ainda a adição de uma margem livre de obstáculos de pelo menos 0,5 m de cada lado da ciclovía para segurança dos seus utilizadores, sugestão nem sempre cumprida, visto que algumas das paragens de autocarros se encontram adjacentes à ciclovía. Em relação aos raios mínimos horizontais e ao declive existente, estes cumprem todos os valores limites impostos, consequência do local de implementação da ciclovía e das boas características do seu perfil transversal. As disposições sugeridas para os pavimentos e para a drenagem da infra-estrutura não possuem grande aplicação nesta situação, visto que a ciclovía encontra-se colocada no passeio e as suas características são limitadas pelos materiais e disposições utilizadas neste.

Em relação à sinalização e marcações aplicadas, particularmente no caso da sinalização vertical, verifica-se a utilização de sinais específicos para ciclovias conjuntamente com indicação da distância em que estes são válidos, que não constam do Regulamento de Sinalização do Trânsito, mas que estão de acordo com os sinais apresentados pelo Transport for London. Neste ponto, é sugerida a aplicação de uma placa informativa adicional aos sinais já existentes com o intuito de indicar o número de vias presentes e os seus sentidos de circulação. Estes sinais são aplicados em todas as intersecções e passagens de peões ao longo do percurso, devendo-se garantir a existência desta sinalização para ambos os sentidos de circulação, preferencialmente do lado direito da via, o que nem sempre se verifica. Apesar das recomendações de variadas publicações para a colocação dos sinais verticais a sensivelmente 1 m acima do solo, a opção recaiu na utilização de sinais a uma altura superior a 2 m, tornando-os mais visíveis aos peões, precavendo possíveis acidentes. No que se refere às marcações na via, estas enquadram-se com a metodologia proposta, sendo dada preferência às marcações horizontais em detrimento das verticais, com a utilização de símbolos de velocípedes e de sentidos de circulação ao longo do percurso em intervalos definidos previamente.

Relativamente à iluminação existente, deve ser garantida uma luminosidade horizontal média de 5 lux a 22 lux ao longo de todo o percurso. No anexo 2 é apresentado o projecto relativo a este troço, onde se apresenta todo o percurso, marcações e sinalizações que devem ser aplicados, no caso de ainda não existirem.



Apesar da sua recente construção, esta infra-estrutura possui, em algumas das suas secções, deficiências ao nível do pavimento que deverão ser rapidamente corrigidas para que o nível de conforto, segurança e velocidade dos veículos não sejam afectados. Estes pontos deverão ser alvo de uma rápida intervenção, a fim de corrigir os problemas apontados, nivelando as superfícies e repavimentando as zonas deterioradas. As medidas serão localizadas e de custo relativamente baixo, tornando a resolução destes problemas relativamente fácil. Nas figuras 4.3 e 4.4 apresentam-se imagens dos problemas em causa, que estão localizadas ao Pk 1+420 e ao Pk 1+600 respectivamente, e que como as imagens reportam condicionam o bom funcionamento da ciclovia. Assim, recomenda-se a reparação destes problemas de forma a ir de encontro às reclamações dos utentes e à manutenção dos níveis de qualidade que se pretendem com esta infra-estrutura.



Fig.4.3 – Pavimento deteriorado



Fig.4.4 – Abatimento do pavimento

#### 4.2.2. TROÇO B – RUA CORONEL RAÚL PERES ATÉ À RUA DO PASSEIO ALEGRE

Considerando todos os troços estudados neste projecto, este é possivelmente o que necessita de uma intervenção mais imediata sobre várias vertentes da ciclovias, para que seja possível garantir a continuidade das características precedentes indo simultaneamente de encontro às expectativas geradas nos utilizadores pelo troço anterior. A ciclovias neste troço possui, ao invés da anterior, condições muito precárias para a circulação dos velocípedes, chegando mesmo a ser partilhada com os peões em algumas secções, o que realça a importância de efectuar uma profunda remodelação na infra-estrutura existente neste troço.

Ao longo dos 1,3 km de extensão, este troço apresenta uma grande quantidade de particularidades que se reflectem em algumas diferenças no seu perfil transversal tipo e perfil longitudinal, comparativamente com os restantes. Este é um troço bastante mais sinuoso que o anterior, onde se vence um ligeiro declive entre a rua Coronel Raúl Peres e a Esplanada do Castelo, apesar de se encontrar imediatamente a norte da foz do rio Douro.

Numa primeira parte do troço, que se encontra representada na figura 4.5, nomeadamente nos primeiros 580 m, a via possui um perfil transversal com uma faixa de rodagem que possui uma largura dentro do intervalo de 8,5 m a 9 m, existindo duas vias associadas a dois sentidos de circulação. Ao longo desta primeira parte do troço, o estacionamento na via não é permitido e a largura disponível no passeio ronda os 3 m, valor que se torna muito reduzido para albergar a ciclovias e os peões em simultâneo.



Fig.4.5 – Vista 1 do Troço B

Nos restantes 820 m existentes neste troço, as características geométricas da via modificam-se substancialmente, (ver figura 4.6), passando o perfil transversal a apresentar grandes flutuações nas suas dimensões, que se concretizam em variações na faixa de rodagem entre 7,5 m a 13 m e no passeio entre 7 m a 12 m. Também se verificam diferenças na organização do espaço viário, apresentando-se uma via para um único sentido de circulação e existindo diferentes tipos de estacionamento ao longo do percurso, quer no que diz respeito ao pavimento quer no que concerne ao tipo de localização dos veículos.





Fig.4.6 – Vista 2 do Troço B

Todas as variações existentes neste trajecto não possuem efeitos benéficos para nenhum dos intervenientes e utilizadores desta via, criando fortes condicionantes a qualquer tipo de projecto que se tente implementar. A ciclovía presente neste percurso é um exemplo das dificuldades acrescidas, principalmente ao se fazer uma análise comparativa com o troço A, sendo mais que evidentes as falhas e deficiências aqui existentes, demonstrando claramente que esta não é mais que uma hipótese de recurso. A via para ciclistas existente neste local segue uma tipologia de partilha de espaço com os peões ao longo de grande parte do percurso, tornando-se segregada sempre que o espaço o permite, mas nem sempre nas melhores condições. É visível a tentativa de criar neste trecho as mesmas características genéricas à dos restantes troços em termos geométricos, de marcações e sinalização, mas situações como as que se apresentam na figura 4.7 hipotecam esse esforço, representando as condições precárias em termos de pavimento e de largura disponível que a infra-estrutura apresenta.



Fig.4.7 – Deficiências presentes no Troço B

A ciclovía aqui considerada resume-se à colocação de sinalização vertical sempre que tal se mostra necessário, nos locais em que a sua tipologia se altera de totalmente segregada para partilhada e vice-versa, na representação física da sua largura, nos locais em que a largura útil de passeio o permite, e na aplicação de marcações no solo, nomeadamente de símbolos, tentando conduzir os ciclistas de forma insuficiente num percurso claramente deficitário. Relativamente aos diferentes tipos de pavimento que se encontram ao longo desta via, que apesar de aceitáveis para a prática do ciclismo não possuem as melhores condições para esta se efectuar, é importante salientar que todos eles são de diferentes tipos e com diferentes resistências ao escorregamento, não sendo tão pouco possível garantir a regularidade das suas superfícies, algo indispensável numa via deste tipo.

À luz do que acima foi exposto, torna-se evidente a necessidade de remodelar todo este troço, dotando-o de boas condições para a prática do ciclismo. Neste troço e ao contrário de todos os outros, foram analisadas duas tipologias distintas de ciclovía, uma que se desenvolve ao longo do passeio e outra que se encontra adjacente à via principal, já que neste caso em particular se achou interessante o estudo das duas hipóteses tendo em conta o espaço disponível e a vontade da autarquia local em encontrar uma solução de baixo custo e de fácil implementação.

De forma a ser possível albergar a ciclovía será necessário fazer um conjunto de alterações em determinados locais da via principal, principalmente no local em que termina o troço A e se inicia o troço B. Estas alterações são independentes da tipologia escolhida para a ciclovía, já que ambas necessitam de uma reestruturação espacial do ponto em causa, para permitir os ganhos de largura necessários à execução do projecto. As modificações propostas assentam num redimensionamento e reajustamento das ilhas separadoras dos sentidos de tráfego, melhorando a canalização do trânsito e reduzindo os espaços desnecessários que são utilizados pelos automobilistas para estacionamento ilegal. Com uma largura mínima de 3,5 m para as vias e um melhor aproveitamento dos espaços, foi possível fazer esta remodelação mantendo todos os trajectos e viragens existentes presentemente, eliminando-se apenas uma pequena zona de estacionamento paralelo à via de forma a melhorar as condições de circulação. De forma similar actuou-se na Avenida de D. Carlos I, criando alguns lugares de estacionamento, zonas ajardinadas e plataformas avançadas para as passagens de peões de forma a compensar a retirada de uma zona de estacionamento existente neste local, posteriormente transformada em ciclovía.

#### 4.2.2.1. Ciclovía adjacente à via principal

A ciclovía contígua à via principal apresenta-se como uma alternativa viável a ser aplicada neste troço, decorrente das características peculiares que este apresenta, apesar de não dar continuidade à tipologia existente no restante traçado. Esta rotura relativamente à infra-estrutura já existente explica-se dadas algumas vantagens que se observam na implementação desta tipologia, nomeadamente:

- Menor investimento para a execução do projecto;
- Maior facilidade de implementação;
- Construção da infra-estrutura sem prejuízo para os peões e para o espaço dedicado a estes.

Contrapondo a estas vantagens encontram-se alguns problemas, destacando-se claramente o aumento da sensação de insegurança nos ciclistas, que deriva não só da maior proximidade com o tráfego motorizado mas também da existência de sentidos de circulação na ciclovía que se processam de forma inversa ao dos automóveis. A estes dois pontos é possível adicionar-se alguns outros que podem



ser considerados como desvantagens desta tipologia, como a quebra das expectativas criadas nos ciclistas e a utilização de uma tipologia pouco habitual e pouco familiar aos utilizadores nacionais, mas que facilmente são ultrapassadas.

O traçado e as características da ciclovia aplicada nestas condições revelam algumas diferenças consideráveis comparativamente com os restantes troços analisados e projectados. Mal se inicia este troço e mercê dos ganhos obtidos com a mudança no perfil transversal da estrada, a ciclovia deriva para o interior da via (ver planta e pormenor no anexo 3), vencendo o desnível do passeio de forma gradual e progressiva. Ao longo de 980 m, a ciclovia é implementada com recurso à diminuição da largura útil da faixa de rodagem, situação que se modifica após este ponto com a passagem desta para uma zona onde anteriormente existia um estacionamento, terminando no final da Avenida D. Carlos I com o seu regresso ao passeio.

Apesar das publicações internacionais não considerarem a hipótese de construção de uma ciclovia paralela a vias urbanas com dois sentidos de circulação, a sua implementação foi considerada possível com a garantia da existência de algum tipo de obstáculo físico entre estes dois tipos de tráfego. No entanto, apontou-se para o aumento da largura de via como uma medida suplementar de segurança para os ciclistas, propondo-se o valor de 2,5 m, que apesar de não ser sugerido por nenhuma das publicações analisadas, crê-se ser suficiente para atingir o objectivo a que se destina. Em relação aos declives existentes neste troço, os valores recomendados que se encontram compilados em 3.2.2, não são ultrapassados. Por outro lado e ainda dentro das características geométricas, os raios horizontais apresentados são em alguns pontos muito reduzidos, na ordem dos 10 m, especialmente nas passagens da ciclovia entre o passeio e a estrada, podendo originar perdas ocasionais de velocidade.

A opção pelo pavimento a aplicar fica naturalmente condicionada pela presença da ciclovia na estrada, sendo de prever a partilha do pavimento aí existente com as devidas alterações, necessárias à diferenciação das funcionalidades de ambos. Em virtude das deficientes condições do pavimento da via neste troço, é proposta uma completa repavimentação da faixa de rodagem ao longo dos seus 1,3 km de extensão com recurso a betão betuminoso. Sobre esta camada deve ser aplicada uma camada de slurry sintético com coloração, o que permite aumentar a vida útil do piso, o conforto dos ciclistas e a sua segurança, devido à sua maior resistência ao escorregamento em relação à dos betões betuminosos. O desenho de pormenor e as características desta opção construtiva podem ser consultados no ponto 3.3.

À semelhança dos restantes troços, a drenagem da ciclovia é garantida pelos órgãos de drenagem das vias em que esta se encontra. Neste caso e em virtude da sua presença na estrada, a ciclovia usufrui das condições de drenagem impostas sempre que esta infra-estrutura é construída, com a existência de inclinações mínimas transversais e longitudinais que favorecem a drenagem das águas pluviais. No entanto, a posição da ciclovia em relação à via principal faz com que nesta se encontrem os órgãos de drenagem de toda a faixa de rodagem. Seguindo as instruções dadas no ponto 3.5, devem ser previstos sumidouros, tentando limitar o desnível máximo a  $\pm 5$  mm para não provocar desconforto nos ciclistas. As grelhas metálicas aplicadas devem ser apropriadas para ciclovias, sendo dispostas com ângulos correctos relativamente ao sentido de tráfego e hidraulicamente eficientes. As suas dimensões serão escolhidas em função da área a drenar, que será muito influenciada pelo tipo de separador físico a aplicar entre a estrada e a ciclovia.

As marcações no solo neste troço diferem um pouco das já utilizadas em outras zonas, sendo aconselhada a representação de uma linha longitudinal separadora dos sentidos de circulação, contínua ou descontínua dependendo das distancias de ultrapassagem, já que a proximidade com o tráfego automóvel pode levar os ciclistas a circularem fora da sua via de circulação. Esta linha deverá possuir

uma largura de 100 mm, tal como as duas linhas longitudinais contínuas que têm como função a marcação e materialização da ciclovia, com a interrupção destas 1,5 m antes das passagens para peões. Em relação aos símbolos de velocípede representados no solo, estes devem possuir uma distância de 25 m entre si de forma a assinalarem mais convenientemente a ciclovia perante os automobilistas, sendo substituídos por sinais de perigo de passagem de peões nas imediações destes locais.

A sinalização vertical aplicada dá seguimento ao que anteriormente vinha sendo utilizado, com recurso às placas informativas de fundo verde com representação da distância a percorrer colocadas no início de cada sub-troço. Para esta tipologia o sinal apresentado é o de via reservada a bicicletas, contrariamente ao que sucede em todas as outras, juntamente com a placa informativa de ciclovia com dois sentidos de circulação. A colocação dos sinais é mais uma característica distinta das restantes, fruto da opção tomada quanto à localização do traçado da ciclovia, já que por insuficiência de espaço todos os sinais deverão ser colocados do lado mais próximo do rio apresentando-se do lado direito num sentido e do lado esquerdo para o outro, a uma altura de 2 m.

A iluminação não necessitará de grandes alterações, já que o posicionamento da ciclovia permite-lhe ser iluminada pelos postes já existentes e que têm como função iluminar toda a faixa de rodagem.

Neste troço existem algumas particularidades decorrentes da sua posição e da interacção com os restantes elementos da via. Em determinados locais, a ciclovia pode-se tornar um obstáculo ao normal funcionamento de alguns equipamentos, como é o caso das paragens de transportes públicos nomeadamente de autocarros. A colocação da ciclovia adjacente à via principal bloqueia a possibilidade dos autocarros se deslocarem o mais próximo possível da paragem e aí se imobilizarem para a entrada e saída dos seus passageiros. Desta forma é previsível a criação de conflitos entre os utilizadores deste tipo de transporte e os ciclistas, já que necessariamente os utentes dos autocarros terão que atravessar a ciclovia de forma a lhes ser possível entrar nestes veículos, facto pouco previsível aos ciclistas que se deslocam com alguma velocidade e por vezes podem nem ver estes utentes. Optou-se nesta situação por sobrelevar a ciclovia até ao nível do passeio de forma a reduzir os obstáculos a serem ultrapassados pelos passageiros, passando simultaneamente a mensagem aos ciclistas que naquela zona devem reduzir a velocidade e circular com maior atenção. Foi ainda aplicada sinalização complementar, que inclui um sinal vertical de indicação de perigo, presença de lomba, a 30 m do local e de uma marcação no solo com o sinal de perigo indicativo de passagem de peões. O corte da zona em causa e o pormenor em planta com a sinalização aplicada encontra-se no anexo 3.

Uma outra singularidade desta tipologia prende-se com o tipo de separação a aplicar entre a estrada e a ciclovia. Apesar da separação recorrendo apenas a sinalização horizontal ser possível e estar referenciada em algumas publicações, foi decidido que neste local e em consequência das suas características específicas e do reduzido contacto que a população tem com estas soluções, seria imprescindível a aplicação de uma separação física ao longo do percurso. O tipo de separação estudado engloba-se em dois diferentes grupos, separadores rígidos ou separadores flexíveis. No caso dos separadores rígidos, dever-se-á optar pela aplicação de um lancil com um rebordo clivado e sem arestas, apenas do lado da ciclovia, de dimensões próximas dos 20 cm de largura e 15 cm de altura. Este separador é aplicado durante os trabalhos de repavimentação da via, funcionando como uma barreira rígida, de difícil transposição, aumentando a segurança de circulação para os ciclistas. No entanto, o uso contínuo deste separador rígido ao longo do percurso conduz a um deficiente funcionamento do sistema de drenagem existente, já que impede a passagem da água da faixa de rodagem para os sumidouros que se encontram para lá do lancil. Assim sendo e com a aplicação deste separador, será necessário reformular os sistemas de drenagem, construindo novos sumidouros ou sarjetas para a via principal que funcionam separadamente dos da ciclovia, o que levará a um

consequente acréscimo em termos de investimento e de obra a efectuar. Ao aplicar a outra opção considerada, neste caso os separadores flexíveis, os problemas relativos à drenagem na via não se colocam, com os sumidouros existentes na ciclovia a serem suficientes para a recolha das águas pluviais de parte da faixa de rodagem. Esta opção revela-se de muito menor custo, não necessitando de qualquer tipo de intervenção ao nível da drenagem e de maior facilidade de aplicação, já que a colocação destes separadores pode ser levada a cabo por colagem e/ou furação. Os separadores flexíveis recomendados para este troço são os pilaretes delimitadores, constituídos por material plástico com bandas reflectoras, de altura máxima de 91,44 cm e diâmetro de 20 cm, colocados em intervalos de 2,0 m, apresentados na figura 4.8. A utilização de uma solução flexível deverá ser considerada em todos os momentos como uma solução de recurso, já que a facilidade em ultrapassar estes obstáculos por parte dos veículos pode tornar-se num risco acrescido para os ciclistas. Independentemente do separador a utilizar é aconselhável a utilização de marcadores reflectores no solo, “olhos de gato”, com 10 x 10 cm<sup>2</sup> de dimensões, de forma a realçar a presença da ciclovia e dos seus limites a todos os automobilistas que se deslocam na via principal, especialmente durante a noite.

Uma última referência para os lugares de estacionamento obtidos com o reordenamento do espaço na avenida de D. Carlos I, em que foi utilizada uma disposição em espinha com 30° em relação ao passeio, obtendo-se um total de 52 lugares disponíveis.



Fig.4.8 – Pilarete Delimitador

#### 4.2.2.2. Ciclovia no passeio

A ciclovia implementada sobre o passeio seria à partida a primeira e única opção a ser considerada neste troço, principalmente adoptando-se como critério a continuidade das infra-estruturas já existentes. Esta tipologia conduz a algumas vantagens, no caso particular deste troço, das quais se destacam:

- Maior segurança dos ciclistas;
- Menor ocupação de espaço no perfil transversal da via;
- Manutenção da tipologia da via ao longo de toda a área estudada.

Comparativamente à outra solução analisada, a grande desvantagem do caso da ciclovia se encontrar sobre o passeio será o maior investimento necessário aliado a um maior volume de obra resultante do aumento em cerca de 2 m da largura útil de passeio.

Operadas as indispensáveis modificações ao nível do perfil transversal da via no início do troço B e com o aumento da largura do passeio ao longo deste, a colocação da ciclovia torna-se possível, desenvolvendo-se paralelamente à via principal a uma distância de 0,5 m do lancil. Este traçado apenas sofre alterações nas proximidades de obstáculos de grande envergadura que se encontrem próximos da estrada, tal como paragens de autocarro ou quiosques, retomando logo que possível a sua posição inicial. A partir do ponto Pk 0+965, o passeio deverá ser prolongado até ao término da avenida em que se situa, anulando uma zona de estacionamento aí existente, permitindo que a infra-estrutura a aplicar se possa desenvolver normalmente. Todas estas alterações são apresentadas na planta e perfil transversal que se encontram no anexo 4.

Relativamente às características geométricas da via, todos os seus valores encontram-se dentro dos intervalos desejáveis, com a largura a ser fixada em 2 m, declives inferiores a 3% e raios horizontais superiores aos valores mínimos recomendados.

O pavimento a ser aplicado na ciclovia será em lajes de betão, com a adição de um pigmento de coloração de cor verde, utilizando-se juntas transversais para controlo da fendilhação, seguindo-se preferencialmente as instruções e pormenores construtivos apresentadas em 3.3, relativamente a esta solução.

A drenagem da ciclovia será assegurada pelo sistema de drenagem aplicado no passeio já existente, devendo ser cumpridas as inclinações mínimas longitudinais e transversais, que possuem valores de 0,5% e 2,5 % respectivamente. Também neste troço é importante reforçar a iluminação existente, devendo-se garantir determinados valores de luminosidade ao longo do percurso, referidos em 3.6, utilizando postes de iluminação adequados para o tráfego de bicicletas e localizados fora da sua área de manobra.

A materialização da ciclovia através das marcações no solo e da sinalização vertical aplicada neste troço segue as mesmas linhas de orientação utilizadas nos restantes troços com esta mesma tipologia. A ciclovia encontra-se limitada em termos longitudinais por duas linhas contínuas com largura de 100 mm que deverão ser interrompidas apenas nas imediações das passagens para peões, mais concretamente 1,5 m antes. As passagens para peões deverão sempre que possível possuir um prolongamento no passeio, demonstrando aos ciclistas que nesses locais deverão ceder passagem a estes. Nestes locais é importante um reforço da sinalização horizontal com a aplicação no solo de sinais de perigo indicativos de passagem de peões conjuntamente com símbolos de velocípede e uma seta relativa aos sentidos de circulação. As restantes marcações aplicadas ao longo do percurso prendem-se com a utilização de símbolos no solo, especificamente de velocípedes, com intervalos de 50 m, indicando os sentidos de circulação e assinalando a presença da via.

Em relação aos sinais verticais, apenas foram utilizadas as placas de fundo verde para ambos os sentidos de circulação anteriormente descritos, contendo as distâncias dos sub-troços, os sinais de vias segregadas para o uso de bicicletas e peões e os sinais de ciclovia com dois sentidos de circulação, sendo dispostos como é habitual no lado direito da via e com uma altura de 2 m, tal como se observa nas plantas e pormenores presentes no anexo 4.

Após a implementação da ciclovia na planta, mais precisamente na avenida de D. Carlos I, foram criadas zonas de estacionamento para compensar as que foram retiradas devido a esta reformulação.

Com a mesma disposição aplicada em 4.2.2.1. obteve-se um total de 78 lugares, garantindo sempre uma largura de via mínima de 3,25 m para os automóveis que seguem na via.

#### 4.2.3. TROÇO C – RUA DO PASSEIO ALEGRE ATÉ À RUA DO OURO

Este troço em análise engloba-se no grupo que já possui, independentemente da sua tipologia, uma ciclovias no seu percurso, que funciona como continuação do percurso já implantado e que se prevê aumentar. As condições existentes para a prática de ciclismo neste troço específico são, à semelhança de outros locais, bastante aceitáveis, sendo sempre importante potenciá-las para que se aproximem o mais possível dos requisitos de qualidade desejados. A intervenção neste local passará essencialmente por uma análise da ciclovias existente, seguida da sugestão de algumas melhorias em termos de sinalização, traçado e iluminação.

Com uma extensão de sensivelmente 1,3 km, mantendo-se sempre nas proximidades do rio, este troço apresenta-se como um dos mais constantes e regulares em termos de características em toda a área estudada. Tendo sido alvo de uma recente remodelação e reorganização do seu perfil transversal, este trecho possui agora uma via-férrea destinada ao eléctrico, uma faixa de rodagem com cerca de 6 m de largura, destinada ao tráfego motorizado com dois sentidos de circulação e um passeio que apresenta enormes variações de dimensão (figura 4.9), incluindo em determinados locais áreas ajardinadas, um parque de estacionamento e zonas de restauração. Fruto da grande extensão dos passeios, as características do perfil transversal da via perdem um pouco da sua importância para este projecto, existindo apenas limitações muito pontuais em termos de espaço útil de passeio para a implementação da ciclovias.

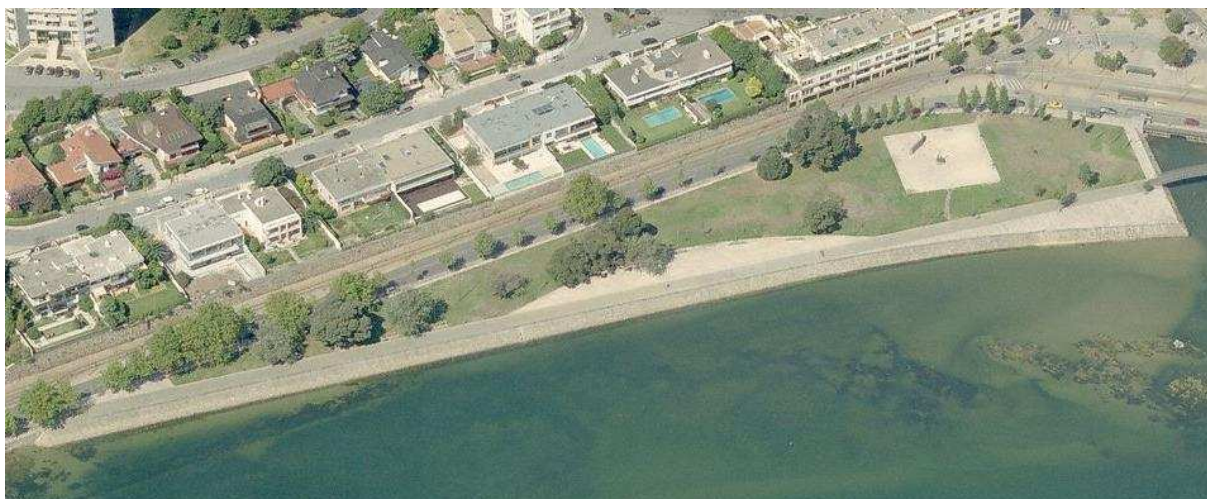


Fig.4.9 – Vista do Troço C

A ciclovias existente neste local é à análoga à existente no troço seguinte, tendo sido apresentadas como continuação dos troços ciclovitários já existentes, mas na realidade não são mais do que algumas marcações aplicadas no solo que indicam o trajecto preferencial para ciclistas. Apesar de serem tratadas como ciclovias, estes percursos resumem-se a vias recomendadas para ciclistas, não possuindo qualquer tipo de separação ou segregação entre os modos de transporte, permitindo-se aos utilizadores das bicicletas a livre escolha do local de circulação. Apesar de ser uma solução provisória e precária,

existem locais em que as instruções dadas pela sinalização se revelam inconsequentes e não são respeitadas pelos ciclistas, como se verifica na figura 4.10.



Fig.4.10 – Deficiências presentes no Troço C

O projecto desenvolvido para este troço assenta essencialmente na criação de limites espaciais para a zona analisada, procedendo-se ainda a um incremento na sinalização existente ao longo do percurso. A reutilização e modificação da funcionalidade de uma parte do passeio, especificamente uma faixa com 2 m, não se revelam problemáticas em grande parte do troço, exceptuando nos pontos Pk 0+130 e Pk 0+730 em que se verificam alguns estrangulamentos na área livre do passeio para peões, que por serem esporádicos não comprometem o traçado escolhido. Assim, devem ser marcadas no solo as limitações da ciclovía, recorrendo a duas linhas longitudinais contínuas de 100 mm de largura, que definem o traçado da ciclovía mantendo sempre uma distância confortável em relação aos veículos automóveis ou mesmo em relação à margem. O traçado proposto para a ciclovía implica uma alteração pontual na da via principal, no ponto Pk 0+810, onde se encontra neste momento um parque de estacionamento já desactivado, representado na figura 4.10, que faz parte do actual percurso desta via. Neste momento e após a anulação do parque foram efectuadas transições entre os níveis com recurso a rampas, mas verifica-se que o estacionamento continua a ser utilizado em prejuízo dos ciclistas. Desta forma é impreterível retirar o espaço de estacionamento existente e substituí-lo por passeio, devendo aí ser materializada a ciclovía, que por restrições espaciais terá de se aproximar bastante da estrada.

No decorrer deste percurso, mais precisamente ao ponto Pk 0+130, existe uma intersecção da ciclovía com uma entrada que dá acesso ao rio e é normalmente utilizada como cais. Apesar de ser apenas utilizada ocasionalmente, por facilidade em termos de traçado e de forma a ser possível analisar este caso particular que frequentemente sucede nas ciclovias, este ponto foi considerado como uma intersecção com perda de prioridade para os ciclistas. De forma a sinalizar correctamente este local foram adoptados alguns sinais específicos nas imediações do cruzamento das vias, que contemplam o sinal de outros perigos colocado 30 m antes do local em causa e a marcação no solo do sinal de cedência de passagem imediatamente antes da intersecção. Relativamente à sinalização e marcações restantes para o resto da via, adoptaram-se os símbolos de velocípede colocados em intervalos de 50 m e as placas de informação com fundo verde onde se encontra o sinal de vias segregadas para o uso de



bicicletas e peões e a distância para a qual esta é válida. Estes sinais encontram-se do lado direito da via possuindo uma altura de sensivelmente 2 m.

Toda a drenagem ao longo da ciclovía é efectuada de acordo com o projectado para todo o passeio. Quanto à iluminação da via esta deve ser fortemente reforçada em algumas zonas que não possuem qualquer tipo de iluminação, eliminando os previsíveis problemas de segurança e risco de acidente dos utilizadores da via. Esta iluminação terá que cumprir as recomendações presentes em 3.6. relativo a disposições de projecto.

No anexo 5 encontram-se as plantas e pormenores relativos à sinalização e marcações existentes no projecto para este troço, devendo ser consultadas para uma melhor compreensão das soluções adoptadas.

#### 4.2.4. TROÇO D – RUA DO OURO ATÉ AO CAIS DA RIBEIRA

À semelhança dos troços anteriores, também este possui ao longo da sua extensão uma ciclovía, com a particularidade de compartilhar permanentemente o seu espaço, tanto com peões como com o eléctrico. Visto que este estudo e as medidas sugeridas no seu término estão vocacionadas para a obtenção de vias para ciclistas completamente segregadas, torna-se evidente que todo este troço terá de ser alvo de medidas correctivas profundas, aproximando-o dos padrões de qualidade que se exigem para estas infra-estruturas.

Com características genéricas semelhantes aos restantes troços, visto que se desenvolve paralelamente ao rio, numa extensão de aproximadamente 4 km, este troço possui no entanto grandes restrições espaciais. Com um perfil transversal típico de uma via distribuidora local, com uma faixa de rodagem de duas vias, uma para cada sentido e com a presença, em alguns locais, de estacionamento paralelo à via, aliado ao facto de existir também neste troço a via-férrea destinada ao eléctrico, reduz de sobremaneira o já reduzido espaço existente que poderia ser utilizado para a ciclovía. Uma outra forte condicionante neste local é a recente intervenção efectuada ao nível do perfil transversal da via, o que pressupõe dificuldade em realizar nova reestruturação e remodelação da via. Na figura 4.11 encontra-se uma pequena secção representativa de todo o troço, onde se verifica a grande limitação de espaço, definida pelo rio a um lado e pela via-férrea do eléctrico no outro.



Fig.4.11 – Vista do Troço D

Como já foi apontado anteriormente, a ciclovía existente neste troço foi implantada de forma provisória para tentar ir de encontro aos desejos e necessidades dos ciclistas dando uma certa continuidade à ciclovía já existente, ligando-a ao centro histórico da cidade. O seu traçado possui grandes variações nos 4 km em que se desenvolve, já que tanto compartilha o passeio adjacente ao rio como se desloca para o lado oposto da faixa de rodagem, onde partilha o mesmo espaço que o eléctrico. É um troço em que existem variadas intersecções da ciclovía com a via principal, utilizando-se semáforos para a regulação destas, sendo que nesta situação as bicicletas são equiparadas a peões, utilizando o seu tempo de verde para fazer o atravessamento, interrompendo de forma recorrente a marcha dos ciclistas. A ciclovía possui uma marcação nitidamente deficitária, já que apenas são utilizados os símbolos de velocípede em determinados intervalos, claramente insuficientes, ao longo de todo o percurso. A fraca sinalização e marcação da via, decorrente da sua tipologia partilhada, originam em determinados momentos que os ciclistas e os restantes intervenientes não se apercebem da existência e limites da ciclovía relativamente ao ambiente circundante. Um claro exemplo desta situação encontra-se representado na figura 4.12, onde os locais definidos como preferenciais para a deslocação das bicicletas se encontram obstruídos por estacionamento, ocultando as marcações existentes.



Fig.4.12 – Deficiente marcação da ciclovía

Recorrendo mais uma vez à figura 4.12 é possível verificar que o pavimento em diversas zonas deste troço principalmente quando a ciclovía partilha o seu percurso com o eléctrico é em cubo o que, segundo a publicação do Transport for London, não é aceitável para a prática do ciclismo, já que possui uma superfície desnivelada e baixa resistência ao escorregamento. A remoção deste pavimento e a utilização de outro nestas secções também não se apresenta como uma hipótese a considerar, visto que este faz parte da área de influência do eléctrico e da sua envolvente.

Todos estes pontos acima enumerados, tanto em termos de sinalização e de pavimento como em relação às intersecções, demonstram que a opção da ciclovía partilhar a via com o eléctrico na forma em que se encontra presentemente, não é, do ponto de vista construtivo, aceitável. Do ponto de vista do conforto dos ciclistas, esta situação origina uma sensação de insegurança e de incómodo apesar da reduzida velocidade e frequência dos eléctricos, à qual se deve adicionar a necessidade de fazer os



atravessamentos da via principal, considerando os atrasos e exposição ao perigo que esse movimento acarreta. Por todas estas razões, é natural que a grande maioria dos ciclistas que se depara com estas desvantagens, prefira não utilizar a via predefinida como ciclovias partilhada, continuando em alternativa o seu percurso ao longo do passeio ribeirinho. Esta tendência e as condições existentes na ciclovias actual ao longo deste troço levam a que seja necessário fazer uma remodelação completa da infra-estrutura existente, de forma a colocar a ciclovias no passeio do lado mais próximo do rio indo de encontro às necessidades e expectativas dos ciclistas. Devido às inúmeras limitações, como o espaço disponível, a eventual dificuldade das autoridades locais em realizar uma nova remodelação neste local e o investimento necessário para o efectuar, este troço não foi alvo de um projecto ou de qualquer tipo de melhoramento ao longo do seu percurso. Recomenda-se no entanto que este seja reestruturado e repensado assim que existam condições para tal, devendo as secções de ciclovias partilhada com o eléctrico ser retiradas e anuladas da forma mais célere possível, sendo substituídas de forma provisória por secções equivalentes no passeio adjacente ao rio.

#### 4.2.5. TROÇO E – AVENIDA GUSTAVE EIFFEL ATÉ AO FINAL DA AVENIDA DE PAIVA COUCEIRO

Este último troço analisado, ao contrário de todos os anteriores, não possui ciclovias, sendo importante efectuar-se o projecto desta infra-estrutura para que se possa fazer a ligação da zona oriental e ocidental da cidade, usando a ciclovias como fio condutor do desporto e do lazer entre os dois pólos urbanos.

Este troço é, à semelhança de todos os outros, localizado na marginal possuindo características muito semelhantes ao anterior, não existindo no entanto a via-férrea destinada ao eléctrico, o que aumenta a largura disponível para a implementação de uma futura ciclovias (figura 4.13). Possui uma extensão de 2,6 km, desenvolvendo-se entre a Ponte D. Luís I e a Ponte do Freixo, com um perfil típico de uma via de distribuição local, em que a faixa de rodagem contempla duas vias para dois sentidos de circulação. Ao contrário dos restantes troços analisados, este encontra-se localizado no sopé de algumas escarpas, que condicionam o espaço disponível na via e mesmo o seu traçado. A presença desta estrutura natural traduz-se em variações de vários metros nos perfis transversais entre algumas secções deste mesmo troço, factor que será condicionante no futuro projecto da ciclovias.

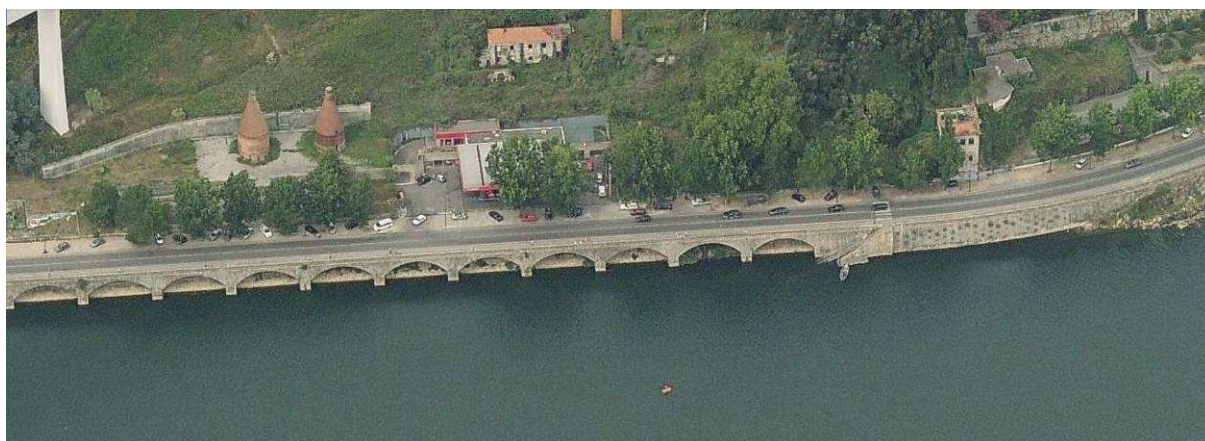


Fig.4.13 – Vista do Troço E

Para o projecto da ciclovia que se pretende construir neste troço optou-se por manter uma lógica de continuidade e de coerência relativamente às anteriores infra-estruturas, enveredando pela opção de ciclovia no passeio, menos exigente em termos de largura de via. É importante ressaltar que qualquer opção construtiva que se tome para este troço será precedida de uma grande modificação no perfil transversal da via, exigindo um considerável volume de obra a efectuar, sendo sempre uma medida que assenta num elevado investimento por parte das autoridades locais.

De forma a permitir a construção de ciclovia, foi necessário definir um novo perfil transversal da via, quer em termos de largura quer em termos de localização futura. As modificações sugeridas, tanto para o eixo como para o perfil da via, têm de seguir algumas premissas previamente definidas e que passam por manter uma largura de faixa de rodagem com uma largura mínima de 6,5 m, usando sempre que possível o valor de 7 m e garantir uma largura mínima de passeio de 4 m, de forma a não prejudicar os peões na tentativa de melhorar as condições para os ciclistas. Todas as alterações efectuadas com este objectivo são apresentadas nas plantas do anexo 6, tal como os perfis transversais tipo, que indicam de uma forma geral as dimensões a respeitar no projecto. As modificações ao perfil iniciam-se 200 m após a Ponte D. Luís I, já que a presença de três vias de circulação e a existência de habitações adjacentes à via neste pequeno troço inviabilizam a redução da largura útil da faixa de rodagem. É após esta secção que foram efectuadas as modificações ao perfil transversal respeitando o esquema presente no anexo 6, onde se reduz a faixa de rodagem para 6,5 m, privilegiando o tráfego pedonal e velocipédico, inserindo-se a partir deste local a ciclovia, no passeio adjacente à via. Estas características mantêm-se durante 290 m, muito graças à presença de grandes escarpas que não permitem que o eixo da via se possa afastar do rio e assim aumentar a largura de passeio. A partir do ponto Pk 0+290, diminuem as restrições laterais à via o que permite um novo rearranjo do perfil transversal, passando a existir uma faixa de rodagem de 7 m, sem qualquer tipo de prejuízo para as larguras do passeio e da ciclovia. Este ganho de largura é efectuado com recurso à redução das bermas e passeios do lado oposto ao rio, em cerca de 0,5 m, podendo por vezes ser necessário eliminar alguns lugares de estacionamento aí existentes. É importante fazer uma última referência às larguras de passeio destinadas aos peões, já que estas em alguns locais atingem valores muito próximos de 1 m, claramente insuficiente para que estes se desloquem de forma confortável e segura. Apesar dos esforços em resolver este problema, verifica-se que em determinadas zonas e por força das condicionantes naturais esta situação dificilmente se conseguirá alterar com a introdução da ciclovia, sendo este um dos pontos algo deficitários do projecto.

Após o rearranjo espacial necessário ter sido efectuado na via, foi efectuada a implementação da ciclovia seguindo as indicações presentes no capítulo 3. Optou-se por uma ciclovia com uma largura de 2 m e com uma faixa de 0,5 m de separação em relação à via principal, de forma a garantir e transmitir aos ciclistas um acréscimo de segurança, utilizando uma disposição já apresentada nos troços A e C. Garante-se da mesma forma, que ao longo deste percurso, todos os declives existentes na via se encontram abaixo dos limites máximos definidos e que os raios mínimos horizontais cumprem os valores estipulados para qualquer velocidade de circulação.

O pavimento a aplicar será em betão com a aplicação de juntas transversais para controlo da fendilhação, seguindo preferencialmente as opções dadas em 3.3. Deverá ser aplicado, aquando da construção do pavimento, um pigmento de coloração no material, para ser possível a diferenciação do espaço restante do passeio.

Relativamente à drenagem da ciclovia e visto que esta se encontra sobre o passeio, esta funcionará em consonância com a drenagem típica do órgão em que se encontra, devendo sempre que possível garantir-se uma inclinação transversal mínima de 2,5% na ciclovia.

Quanto às marcações no solo, foram aplicadas ao longo do percurso duas linhas longitudinais contínuas, com 100 mm de largura, que definem os limites da via, sendo interrompidas 1,5 m antes da existência de passagens para peões. Estas passagens devem ser prolongadas no passeio, para que se torne claro e facilmente compreensível para os ciclistas que nestes locais devem dar prioridade aos peões. As restantes marcações utilizadas resumem-se a alguns símbolos que complementem e reforcem a correcta circulação na via. Nestes símbolos estão incluídos os de velocípede, que se dispõem segundo um intervalo próximo de 50 m ao longo da via, tal como é proposto em 3.4, aos quais se adiciona uma seta definidora de sentidos de circulação no início de cada sub-troço da ciclovía e os sinais de perigo de passagem de peões, sempre que há interrupções da ciclovía devido a esta passagem. A sinalização vertical aplicada concentra-se no início e no fim de cada sub-troço da ciclovía, ou seja, antes e após a existência de passadeiras, preferencialmente do lado direito do sentido de circulação, utilizando o lado inverso quando neste local se verifica ser manifestamente impossível a sua colocação. A sinalização vertical agrupa dois tipos de sinais com a indicação da extensão do troço em que são válidos, sendo a placa de cor verde de forma a manter uma certa coerência com a sinalização anteriormente usada. Os sinais presentes nesta placa referem-se à indicação de vias segregadas para o uso de bicicletas e peões e à indicação do número de sentidos e de vias de circulação existentes na ciclovía. Estes sinais, e apesar das indicações presentes nas publicações internacionais, foram colocados a uma altura de 2 m em concordância com o anteriormente efectuado.

No que toca à iluminação, é importante que sejam colocados pontos de luz ao longo do percurso para permitir que esta infra-estrutura possa também ser utilizada durante a noite. Os postes de iluminação deverão ficar colocados na faixa de 0,5 m entre a ciclovía e a via principal, possuir dimensões apropriadas para o tráfego de bicicletas e garantir uma luminosidade horizontal média entre os valores de 5 lux a 22 lux.

### 4.3. ESTRUTURAS COMPLEMENTARES

O investimento no reforço e melhoria das infra-estruturas cicloviárias é um passo muito importante para o desenvolvimento e crescimento da utilização da bicicleta como meio de transporte. Em diversos casos, a utilização da ciclovía pode ficar condicionada por todo o processo de posse ou de transporte da bicicleta até a esta via em particular, não sendo possível o usufruto desta a todos os seus potenciais utilizadores. Desta forma e em virtude das características específicas da zona onde se insere este projecto, com grande procura por lazer, desporto e turismo, é aconselhável a construção de alguns parques de aluguer de bicicletas em locais estratégicos ao longo do trajecto, semelhantes ao apresentado na figura 4.14. A localização e capacidade destes parques ficaria ao critério da entidade exploradora, mas a existência destas valências na origem e no destino dos percursos seria certamente essencial, sendo de prever uma ocupação de cerca de 15 m<sup>2</sup> por cada grupo de dez bicicletas a estacionar. Por outro lado e tendo em conta a grande extensão dos percursos, seria aconselhável que estas estruturas fossem construídas num intervalo regular que não deveria ultrapassar a distância média de 1,5 km, permitindo aos seus utilizadores percorrer distâncias muito variáveis até encontrarem novo parque. Tendo em conta a necessidade de limitar a distância entre parques por razões de operacionalidade, logística e conforto, propõem-se a sua instalação no início da ciclovía na Avenida de Montevideu, no final do troço A, na Rua Coronel Raúl Peres, no final do troço B, na Rua do Passeio Alegre e no final deste trecho de 4,1 km, na Rua do Ouro. Adicionalmente podem ser aplicados nestas áreas diversos elementos de mobiliário urbano, como bancos, fontes, caixotes do lixo, etc., que potenciarão a qualidade prestada pela ciclovía, tornando a sua utilização mais agradável e cómoda.








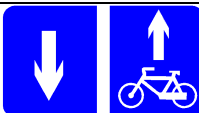


Fig.4.14 – Parque de aluguer de bicicletas

#### 4.4. MEDIÇÕES

No quadro 4.1 encontra-se um resumo de algumas quantidades necessárias à execução das ciclovias estudadas no âmbito do caso de estudo apresentado. Com estes valores é possível obter uma estimativa dos custos inerentes ao investimento que é necessário realizar, tendo ficado patenteado no capítulo 2 que os benefícios decorrentes da execução das ciclovias propostas são francamente maiores, quer para os utilizadores quer ainda para a sociedade.

No caso de estudo apresentado, foram estudadas ciclovias para a cidade do Porto com uma extensão aproximada de 8 km, dos quais cerca de 1,5 km correspondem a ciclovias existentes. A construção destas infra-estruturas propiciará a utilização da bicicleta, em condições de segurança e conforto para os utentes, constituindo uma oportunidade para o incremento das viagens com recurso a este meio de transporte sustentável.

Quadro 4.1 – Quadro resumo de quantidades

		Troço A	Troço B		Troço C	Troço D	Troço E
			Estrada*	Passeio*			
Extensão (m)		1505	1313	1313	1277	-	2600
Largura de Via (m)		2,0	2,5	2,0	2,0	-	2,0
Pavimento a aplicar (m <sup>2</sup> )		-	3283	2626	-	-	5200
Marcações no solo		-	86	54	54	-	105
		-	22	18	-	-	7
		-	-	-	2	-	-
Sinalização vertical		-	20	-	-	-	-
		9	-	18	4	-	8
		17	20	18	4	-	8
		-	-	-	2	-	-
		-	4	-	-	-	-

\*Opções alternativas



## 5

## CONCLUSÕES

A opção pela construção de ciclovias apresenta-se na sociedade actual como uma das melhores formas de promoção do ciclismo, tendência em que se apoia a base de execução deste projecto. Com a implementação desta rede de infra-estruturas prevê-se um acréscimo na utilização da bicicleta nas suas mais variadas vertentes, não apenas como forma de lazer mas acima de tudo como incentivo e afirmação do ciclismo enquanto parte integrante de um sistema de transportes urbanos sustentáveis.

No capítulo 2, ficou patenteada a influência positiva que o ciclismo e a utilização da bicicleta podem exercer sobre a sociedade, evidenciando-se o seu efeito benéfico nas mais diversas áreas, justificando-se assim o investimento que diversas entidades internacionais têm vindo a fazer. Relativamente às políticas de promoção do ciclismo aplicadas internacionalmente, em Portugal estas são frequentemente ignoradas e negligenciadas o que explica a pequena repartição modal que é atribuída à bicicleta no nosso país, que aliada à escassez de recursos em termos de ciclovias demonstra o subdesenvolvimento existente nesta área.

O vazio normativo e de manuais de referência no dimensionamento e construção de ciclovias cria uma liberdade excessiva aos responsáveis pelos projectos destas infra-estruturas, que é apontada como a principal razão para a heterogeneidade e mesmo disparidade de soluções que se encontram em Portugal. Esta situação tem originado a massificação de zonas consideradas cicláveis e que erradamente se tomam como ciclovias por parte dos seus utilizadores e dos responsáveis pela sua construção, não cumprindo qualquer tipo de requisito e não raras as vezes não indo de encontro aos desejos e necessidades dos ciclistas. Perante esta situação torna-se evidente a necessidade de compilar um conjunto de disposições construtivas que clarifique e organize as intervenções a realizar nestas vias, que no caso deste trabalho se basearam na experiência e conhecimento de autoridades dinamarquesas, inglesas e americanas, aplicando-as à realidade portuguesa e funcionando como um contributo para a criação de um manual de boas práticas para o projecto e construção de ciclovias em Portugal.

No desenvolvimento do caso de estudo deste projecto, a abordagem utilizada ultrapassou o âmbito meramente académico, existindo uma forte componente de execução implícita neste, em grande parte decorrente da cooperação existente com as entidades decisoras locais, que previa a elaboração do caso de estudo para uma determinada zona com características e condicionantes muito particulares. A realidade prática para a qual foi direccionado este projecto, especialmente no que toca à compatibilização com as ciclovias existentes e com as restrições espaciais, levou a que em determinados pontos as boas práticas recomendadas pelas publicações internacionais, analisadas e coligidas no capítulo 3, fossem adaptadas e contextualizadas para a zona em causa, garantido sempre a

exigência relativamente aos valores mínimos das características geométricas e dos elementos constituintes da ciclovía.

Apesar da envolvente existente e das limitações colocadas existiu uma preocupação em analisar diferentes soluções e diferentes possibilidades para a construção da ciclovía neste local, de forma a ser possível estudar e contactar com diferentes problemáticas que podem surgir num projecto com estas características. Foram estudadas alternativas que complementavam as existentes, de ciclovía no passeio e soluções de ciclovía na estrada, contraponto as suas virtudes e desvantagens para que a opção fosse fundamentada da forma mais correcta. Na situação particular da ciclovía no passeio deu-se uma especial atenção à coexistência entre velocípedes e peões, já que o principal objectivo do projecto é potenciar o ciclismo, mas não em detrimento dos percursos pedonais ou do peão propriamente dito. Neste sentido, variadas restrições foram colocadas ao nível do percurso possível, sendo levados ainda em linha de conta todos os factores relacionados com a segurança, conforto e necessidades dos ciclistas em relação à sua envolvente. Neste ponto em particular e mercê de todas as restrições espaciais existentes, reconhece-se que os peões podem ser ocasionalmente prejudicados no seu espaço privilegiado para circulação, existindo zonas de conflito destes com o futuro tráfego cicloviário que dificilmente poderão ser eliminadas, prevendo-se no entanto a sua mitigação com a evolução temporal das infra-estruturas e com a habituação de todos os intervenientes às novas condições de circulação.

Ao longo deste projecto dedicado às ciclovias foi ainda possível constatar que estas infra-estruturas funcionam como um mecanismo de complementaridade, de desenvolvimento e de reestruturação não apenas dos transportes de uma cidade mas também de toda a sua envolvente espacial, podendo ser encaradas como uma componente de políticas de regeneração urbana que poderão e deverão ser utilizadas na modernização e melhoria da qualidade de vida dos cidadãos nas cidades modernas. Na tentativa de criar condições óptimas para a introdução de uma ciclovía no espaço estudado foram propostas modificações não só ao nível do perfil transversal das infra-estruturas rodoviárias existentes, mas também de jardins, passeios e espaços dedicados ao estacionamento, com vista à melhor interacção entre os diversos elementos promotores da mobilidade, funcionando a ciclovía como um pólo gerador da reabilitação não só espacial e urbana, mas também social.

Por último, refira-se que o trabalho realizado permitiu o desenvolvimento e consolidação de competências em áreas transversais da Engenharia Civil, particularmente no domínio das Vias de Comunicação, podendo considerar-se que o presente documento poderá constituir o ponto de partida de um manual de boas práticas em projecto e construção de ciclovias, sendo certo que a implementação destas infra-estruturas potenciarão o uso da bicicleta enquanto meio de transporte sustentável, com vantagens inegáveis para a melhoria da qualidade de vida de todos os cidadãos.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] Alayo, J.A., Birch, I., Ove Arup and Partners, Smyth, A. Ove Arup and Partners. *The Walking City: An Obsolete Design of the City of Tomorrow*. Proceedings of Seminar J and K: Traffic Management and Road Safety, 14 – 18 Setembro 1998, Universidade de Ulster, PTRC Education and Research Services Ltd., Ulster.
- [2] McClintock, H. The significance of the bicycle in urban transport. In *The Bicycle and the City*, 217 páginas, Belhaven Press, Londres, 1992.
- [3] [http://ec.europa.eu/transport/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/transport/index_en.html). 01/03/2008.
- [4] [www.stcwa.org.au/papers/STC\\_bicycle\\_policy.doc](http://www.stcwa.org.au/papers/STC_bicycle_policy.doc). 01/03/2008.
- [5] Comissão Europeia. *Cidades para Bicicletas, Cidades de Futuro*. Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, Bruxelas, 2000.
- [6] ECF. *Memorandum to the EU informal council of ministers for transport and the environment*. 15 Setembro 2001. [http://www.ecf.com/publications/Download/070830\\_MEMORANDUM\\_English.doc](http://www.ecf.com/publications/Download/070830_MEMORANDUM_English.doc). 25/11/07.
- [7] Endemann, Peter. *Insights from the German National Travel Survey for an integrated Planning & Mobility Strategy*. 21/06/07. [http://tdes07.lnec.pt/pdfs/comunicacoes/Peter\\_Endemann.pdf](http://tdes07.lnec.pt/pdfs/comunicacoes/Peter_Endemann.pdf). 20/02/2008
- [8] ECF. *European Cyclis – ECF Newsletter*. Janeiro 2000. <http://www.ecf.com/publications/Download/ec200001>. 25/11/07.
- [9] Holladay, D, McClintock, H. Cycling with public transport: combined in partnership, not conflict. In *Planning for cycling: Principles, Practice and solutions for urban planners*, Woodhead Publishing, Cambridge, 2002.
- [10] <http://www.vision-it.de/rd/pass.html>. 05/03/2008.
- [11] Briese, V. *Cycle tracks for the expansion of motorised traffic*. 28/05/1994. [http://galwaycycling.org/archive/info/vbriese\\_abstract.html](http://galwaycycling.org/archive/info/vbriese_abstract.html). 05/12/07.
- [12] Hyden, C., Nilsson, A. & Risser, R. *How to enhance WALking and CycliNG instead of shorter car trips and to make these modes safer*. Universidade de Lund, Departamento de engenharia e planeamento de tráfego, Lund, 1998.
- [13] [http://www.konsult.leeds.ac.uk/private/level2/instruments/instrument020/12\\_020b.htm](http://www.konsult.leeds.ac.uk/private/level2/instruments/instrument020/12_020b.htm). 10/12/08.
- [14] [http://www.konsult.leeds.ac.uk/private/level2/instruments/instrument046/12\\_046c.htm](http://www.konsult.leeds.ac.uk/private/level2/instruments/instrument046/12_046c.htm). 10/12/08.
- [15] SWOV Fact sheet. *Bicycle facilities on road segments and intersections of distributor roads*. SWOV Institute for Road Safety, Leidschendam, 2004.
- [16] Department for Transport. *UK: Cycle Routes, Traffic Advisory Leaflet 5/95*. UK Department for Transport, Londres, 1995.
- [17] Sælensminde, Kjartan. *Walking- and cycling track networks in Norwegian cities*. TØI report 567, 2002, 50 páginas, TØI, Oslo.
- [18] Ege, Christian. Krag, Thomas. *Cycling will improve environment and health*. 12 páginas, Copenhaga, 2005.
- [19] <http://www.hhs.gov/ocr/hipaa/>. 08/03/08

- [20] North Carolina Department of Transportation. *Economic Impact of Investing in Bicycle Facilities*. Abril 2004. [http://www.ncdot.org/transit/bicycle/safety/safety\\_economicimpact.html](http://www.ncdot.org/transit/bicycle/safety/safety_economicimpact.html). 12/03/08.
- [21] Shayler, M., Fergusson, M and Rowell, A. *Costing the benefits: the value of cycling*. A report for the Cyclist's Touring Club, CTC, Godalming, 1993.
- [22] Interface for Cycling Expertise (I-ce) in association with the Habitat Platform Foundation. *The Economic Significance of cycling: A study to illustrate the costs and benefits of cycling policy*. VNG uitgeverij, 2000, The Hague.
- [23] British Medical Association. *Cycling: Towards Health and Safety*. Oxford University Press, Oxford, 1992.
- [24] Morris, J.N., Clayton, D.G., Everitt, M.G., Semmence A.M. and Burgess, E.H. *Exercise inleisure time: coronary attack and death rates*. British Heart Journal, 1990.
- [25] SQW Consulting. *Valuing the Benefits of Cycling*. Junho 2007. [www.cyclingengland.org.uk/viewer.php?fd=285](http://www.cyclingengland.org.uk/viewer.php?fd=285). 22/04/08.
- [26] International Obesity Task Force (IOTF). *Incidence prevalence and co-morbidity*. 2003. [www.iotf.org/](http://www.iotf.org/). 22/04/08.
- [27] World Health Organisation (WHO). *The World Health Report: Reducing Risks, Promoting Heealthy Life*. WHO, Genebra, 2002.
- [28] CTC. *Bikes not fumes: The emission and health benefits of a modal shif from motor vehicles to cycling*. CTC, Godalming, 1991.
- [29] Preston, B. The safety of walking and cycling in different countries. In *The greening of urban transport: planning for walking and cycling in Western cities*, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, 1990.
- [30] European Transport Safety Council. *Safety of Pedestrians and Cyclists in Urban Areas*. European Transport Safety Council, Bruxelas, 1999.
- [31] Krag, T, McClintock,H.. Urban Cycling in Denmark. In *Planning for Cycling: Principles, practice and solutions for urban planners*, 344 páginas, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2002.
- [32] Wardlaw, M. *Three lessons for a better cycling future*. 2002. <http://www.bmj.com/cgi/content/full/321/7276/1582>. 20/03/2008.
- [33] Jensen, S., Rosenkilde, C., Jensen, N. *Road safety and perceived risk of cycle facilities in Copenhagen*. Abril 2007. <http://www.trafitec.dk/pub/Road%20safety%20and%20percieveed%20risk%20of%20cycle%20tracks%20and%20lanes%20in%20Copenhagen.pdf>. 27/03/08.
- [34] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). *Guide for the development of bicycle facilities*. AASHTO, Washington, 1999.
- [35] Danish Roads Directorate. *Collection of Cycle Concepts*. Danish Roads Directorate, Copenhaga, 2000.
- [36] Transport for London. *London Cycling Design Standards*. 2004. <http://www.tfl.gov.uk/businessandpartners/publications/2766.aspx>. 10/10/2007.

- [37] Caltrans. *Highway Design Manual*. 26/06/2006.  
<http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/hdm/pdf/chp1000.pdf>. 10/10/2007.
- [38] [http://www.isa.utl.pt/ceap/ciclovias/new\\_page\\_153.htm](http://www.isa.utl.pt/ceap/ciclovias/new_page_153.htm). 20/04/2008
- [39] <http://mutcd.fhwa.dot.gov/>. 12/12/07
- [40] <http://www.estradasdeportugal.pt/docs/00020119.pdf>. 30/01/2008.

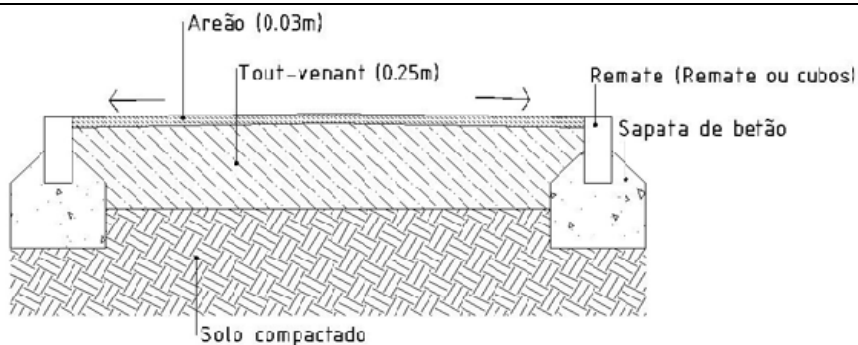


## ANEXO 1: Tipos de pavimentos

Quadro A.1.1 – Características do solo estabilizado

Tipo de pavimentação	Solo estabilizado
Vantagens	Usa materiais naturais mas confere uma durabilidade superior ao solo natural. Cria uma superfície suave e regular (dependendo do solo natural) com um baixo custo. Integra-se muito bem na paisagem natural.
Desvantagens	A superfície não tem um desgaste uniforme apresentando susceptibilidade à erosão. A mistura correcta do solo estabilizado é difícil de se adquirir.
Construção	O solo estabilizado resulta da mistura de agregado grosso, areão, areia, argila e solo calcário. Desta mistura deverá resultar um pavimento com boa permeabilidade após cilindragem.
Custo	Muito Baixo (2,5 a 3,0 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	<p>Solo estabilizado* (0.15 a 0.30m) resulta da mistura de agregado grosso, areão, areia, argila e solo calcário</p> <p>Remate</p> <p>Sapata de betão</p> <p>Solo compactado</p> <p>* A proporção de cada elemento na mistura do solo estabilizado deverá andar dentro destes valores: areão 35 %, argila 15 %, areia 45 %, solo calcário 5 %</p>

Quadro A.1.2 – Características da camada de areão sobre tout-venant

Tipo de pavimentação	Camada de Areão (0.03m) sobre tout-venant (0.25m)
Vantagens	Pavimento de média permeabilidade. Custo reduzido e de fácil construção. Muito utilizado em áreas naturais e rurais com poucos declives.
Desvantagens	Elevada degradação por acção hídrica. Forte necessidade de recarga de pavimentação. Pavimento fortemente conotado com circulação pedonal, o que pode provocar conflitos entre utilizadores. Em zonas de grande declive existe o perigo de arrastamento de partículas, com consequente degradação do pavimento e necessidade de recarga, em situações de algum declive.
Construção	A camada de areão é colocada superficialmente sobre a camada compactada de tout-venant. A camada de tout-venant deve ser aplicada por camadas de 0.10m regada e compactadas. O pavimento torna-se praticamente impermeável sendo esperado um escoamento superficial, obrigando a inclinação transversal para o exterior.
Custo	Baixo (8,00 – 11,00 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	

Quadro A.1.3 – Características do saibro solto

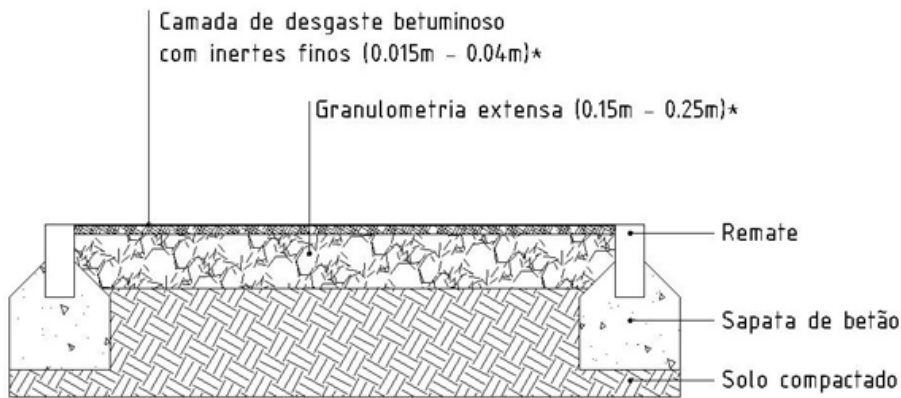
Tipo de pavimentação	Saibro Solto
Vantagens	Pavimento muito permeável. Utilizado em áreas naturais e rurais com poucos declives.
Desvantagens	Elevada degradação por acção hídrica. Forte necessidade de recarga de pavimentação. Pavimento fortemente conotado com circulação pedonal, o que pode provocar confusão com o espaço pedonal. Em zonas declivosas existe o perigo de arrastamento de partículas, com consequente degradação do pavimento e necessidade de recarga, em situações de algum declive.
Construção	A camada de saibro de espessura 0.15m é colocada sobre uma camada de brita (0.15) envolta em geotêxtil. Na camada de brita, deve-se colocar um dreno para ajudar a escoar a água proveniente da percolação. Esta base de pavimento constrói-se sobre solo compactado.
Custo	Médio (13,50 - 16,00 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	<p>Diagrama de corte transversal de uma base de pavimento de saibro solto. A estrutura é construída sobre solo compactado (representado por uma textura de linhas diagonais). Sobre o solo, há uma camada de brita (0.15m) envolta em uma manta geotêxtil. No topo da brita, há uma camada de saibro soltos (0.15m). Um dreno é instalado na interface entre a brita e o saibro. O dreno é composto por uma sapata de betão (base) e um remate (remate ou cubos) no topo. Arrows indicam o fluxo de água através do saibro e o escoamento pelo dreno.</p>

Quadro A.1.4 – Características dos blocos de betão

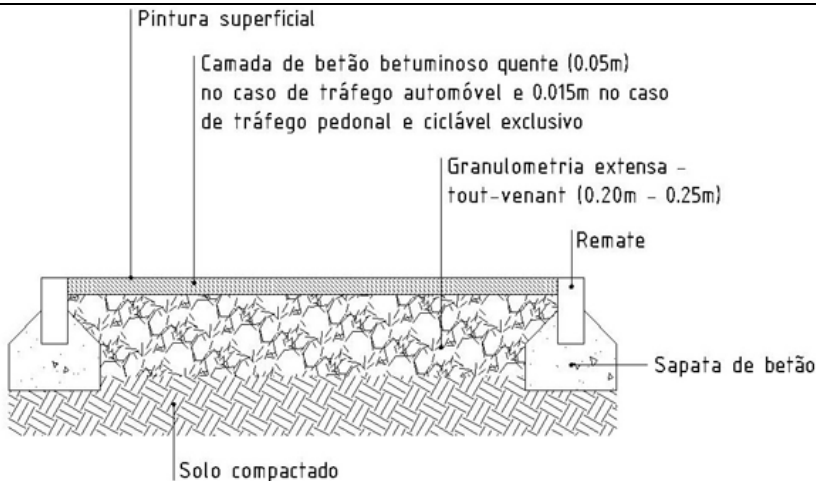
Tipo de pavimentação	Blocos de Betão (pré-fabricado)
Vantagens	Utilizado em espaço de coexistência do tráfego automóvel e ciclável, diminui a velocidade dos automóveis.
Desvantagens	Este pavimento não é muito aconselhado para a circulação ciclável, a não ser nas situações de coexistência automóveis e bicicletas ou em áreas muito restritas e situações pontuais. Este pavimento de módulos cria uma superfície muito irregular pouco apropriada à estabilidade e comodidade do ciclista.
Construção	O assentamento dos blocos de betão pré-fabricado efectua-se sobre uma camada de areia de cerca de 5 cm de espessura. Depois do assentamento dos blocos, que devem ficar o mais unidos possível, idealmente entre 2 a 3 mm, espalha-se areia fina e seca por toda a superfície, varrendo-se de modo a preencher as juntas. Posteriormente faz-se a compactação da superfície construída.
Custo	Médio (17,50 – 20,00 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	




Quadro A.1.5 – Características do betão betuminoso (sem coloração)

Tipo de pavimentação	Betão betuminoso (sem coloração)
Vantagens	Resistência ao deslizamento razoável. Aguenta o tráfego automóvel. Pode utilizar-se BMP (Betume Modificado com Borracha) que tem a vantagem de permitir a incorporação de borracha reciclada, o que traz ainda outras vantagens tais como a maior resistência à acção dos raios ultra-violetas ou ainda melhor adaptação a condições de gelo.
Desvantagens	Se não for inserido correctamente num projecto cuja imagem traduza acalmia e defenda o espaço ciclável, pode conduzir a uma invasão por parte dos automobilistas.
Construção	Uma camada de desgaste com 0.015m de espessura compactada sobre camada de betão betuminoso convencional de 0.035m de espessura, e sobre base de granulometria extensa de 0.15m de espessura. Para tráfego automóvel, a base de granulometria extensa aumenta para 0.25m de espessura. Pode ser utilizado para reabilitar pavimentos betuminosos preexistentes.
Custo	Baixo (7,5 – 9,0 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	 <p>Camada de desgaste betuminoso com inertes finos (0.015m – 0.04m)*</p> <p>Granulometria extensa (0.15m – 0.25m)*</p> <p>Remate</p> <p>Sapata de betão</p> <p>Solo compactado</p>

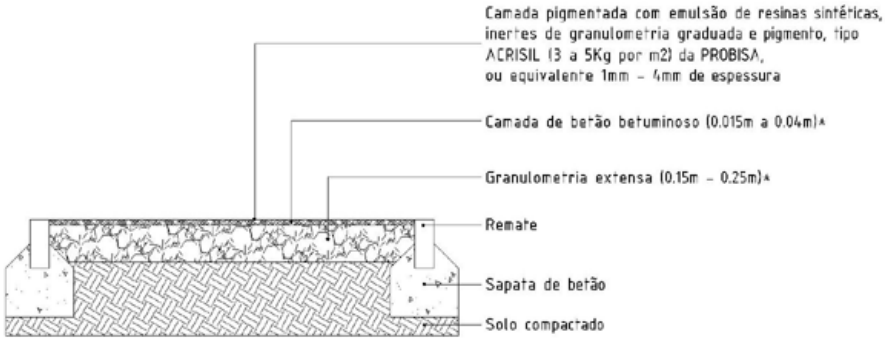
Quadro A.1.6 – Características do betão betuminoso colorido superficialmente

Tipo de pavimentação	Betão Betuminoso colorido superficialmente (vermelho óxido ou outro, desde que a pigmentação não apresente demasiada reflexão)
Vantagens	Baixa necessidade de manutenção para situações de pouco tráfego automóvel e em condições de desgaste normais.
Desvantagens	Com o betuminoso convencional, são poucas as cores do espectro possíveis, sendo geralmente utilizado o vermelho ou o azul. A generalidade das cores “desaparece” no negro do betuminoso. O desgaste hídrico, da passagem dos rodados e pela acção da luz podem degradar e alterar a uniformidade do pavimento, conduzindo a resultados menos estéticos com o passar do tempo.
Construção	Aplicação de uma camada de desgaste com 0.015m compactada sobre camada de betão betuminoso convencional de 0.025m de espessura, e sobre base de granulometria extensa de 0.15m de espessura. A pintura é executada à superfície ou o pigmento é misturado na camada de desgaste.
Custo	Baixo – Médio (9,0 – 20,0 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	 <p>Pintura superficial</p> <p>Camada de betão betuminoso quente (0.05m) no caso de tráfego automóvel e 0.015m no caso de tráfego pedonal e ciclável exclusivo</p> <p>Granulometria extensa - tout-venant (0.20m - 0.25m)</p> <p>Remate</p> <p>Sapata de betão</p> <p>Solo compactado</p>

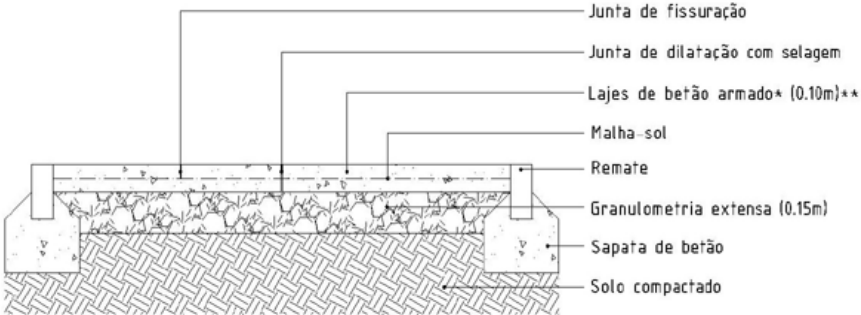
Quadro A.1.7 – Características do betão betuminoso frio colorido

Tipo de pavimentação	Betão betuminoso frio colorido (grande variedade, desde que a pigmentação não apresente demasiada reflexão)
Vantagens	Muito baixa necessidade de manutenção para condições de desgaste normais – 20 anos no mínimo. Baixo custo por m <sup>2</sup> e extrema facilidade de transporte e manuseamento (mistura a frio), permitindo uma aplicação cuidada e demorada. Bastante poroso (mínimo 40%), podendo dispensar inclusive sumidouros, dependendo do tipo de solo. A coloração mantém-se uniforme no tempo.
Desvantagens	Em relação ao <i>slurry sintético</i> , a superfície deste betuminoso não é lisa, apresentando rugosidade própria dos betuminosos, não sendo a melhor para a circulação em patins e podendo causar ferimentos por abrasão. Maior dificuldade em adaptar-se à Paisagem natural, apesar dos espectros de cor disponíveis.
Construção	Aplicação de uma camada de desgaste com 0.015m compactada sobre camada de betão betuminoso convencional de 0.025m de espessura, e sobre base de granulometria extensa de 0.15m de espessura. A pintura é executada à superfície ou o pigmento é misturado na camada de desgaste.
Custo	Baixo – Médio (9,0 – 20,0 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	 <p>* a coloração é incorporada na camada de betão betuminoso. Pode ser aplicado numa camada de 0.015m de betuminoso colorido sobre 0.20m de tout-venant. Com tráfego automóvel, a camada aumenta para 0.03m. Para maiores cargas viárias, a camada de 0.015m assenta sobre 0.04m de betuminoso convencional, ainda sobre 0.20m de tout-venant.</p>

Quadro A.1.8 – Características do slurry sintético

Tipo de pavimentação	Slurry Sintético (de inertes com ligante sintético, com ou sem coloração sobre betão betuminoso convencional)
Vantagens	É o pavimento mais confortável para a circulação de bicicleta, uma vez que é constituído por inertes muito finos, o que representa uma superfície lisa. Esta solução apresenta uma muito baixa manutenção, não sendo de esperar degradações do pavimento pela acção, quer da luz, quer hídrica.
Desvantagens	Os rodados podem deixar marcas temporárias na superfície, dependendo da cor escolhida. O muito elevado preço por m <sup>2</sup> . As características impermeáveis do pavimento exigem drenagem lateral. Possibilidade de alteração da cor durante o período de vida. Este efeito pode ser minimizado com a introdução de inertes com coloração aproximada da cor final pretendida do pavimento.
Construção	Sub-base é constituída por uma camada de granulometria extensa de 0.15m de espessura, que em situações de passagem eventual de automóveis aumenta para 0.25m, com uma camada sobrejacente de betão betuminoso de espessura 0.015m a 0.04m ou lajes de betão com o mínimo de 0.10m de espessura e, por cima, a emulsão de inertes com ligantes sintéticos com coloração ou sem coloração numa camada entre 1mm a 4m.
Custo	Médio – Alto (25,00 – 30,00€/m <sup>2</sup> )
Pormenor	 <p>* valores referentes a tráfego pedonal e ciclável e com tráfego automóvel</p>

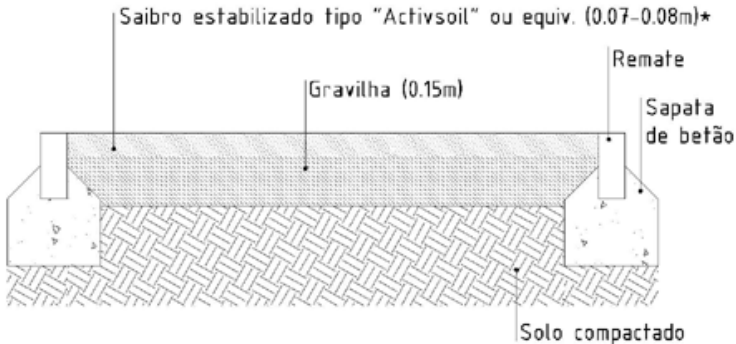
Quadro A.1.9 – Características das lajes de betão

Tipo de pavimentação	Lajes de Betão armadas (com malha-sol e com acabamento superficial de regularização ou não-armadas e sem regularização de superfície)
Vantagens	Boas condições de resistência, inclusive em situações de submersão pelas águas (quando as lajes forem reforçadas e possivelmente ancoradas). Baixa degradação do material. Boa capacidade de integração na envolvente. Caso o acabamento superficial não seja regularizado e antes lavado, dispensa armação.
Desvantagens	Necessita de selagem das juntas entre as lajes e de juntas de fissuração para a superfície não fissurar e partir no caso de regularização da superfície. Em caso de necessidade de destruição, é difícil a reposição do pavimento.
Construção	Sub-base de granulometria extensa com espessura 0.15m. As lajes de betão são construídas <i>in situ</i> com cofragem que delimita a caixa do pavimento. Estende-se a rede malha-sol que vai dar consistência ao pavimento, e preenche-se de betão. As cofragens são retiradas e ficam as juntas de dilatação, que devem ser seladas. Devem-se também fazer juntas de fissuração para o pavimento não fragmentar.
Custo	Alto (35,00-40,0 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	 <p>* a armação é dispensável caso o acabamento pretendido não seja afagado  ** valor mínimo: o dimensionamento da laje depende das cargas esperadas</p>

Quadro A.1.10 – Características das gravilhas aglomeradas

Tipo de pavimentação	Gravilhas Aglomeradas (com resina epoxídica)
Vantagens	É uma superfície que agrega gravilhas duras com a mistura terraway. Trata-se de um pavimento muito poroso e permeável à água e ao ar, com vantagens económicas (não contabilizadas) na redução de custos no sistema de drenagem superficial. Permite criar uma superfície de pavimento densa sem selar, com cores e aparência natural dos inertes, de fácil aplicação e manutenção. É uma solução justificável em troços com algum declive longitudinal onde se espera arrastamento de partículas (em conjugação com pavimento em saibro solto em troços planos).
Desvantagens	Pouca capacidade de resistência à submersão pelas águas.
Construção	A sub-base é efectuada com uma camada de brita (0.15m) bem compactada, podendo conter um dreno em caso de haver necessidade de melhorar o escoamento da água sub-superficial. Sobre esta camada coloca-se a superfície em gravilhas aglomeradas em resina que compreende uma espessura de 7 a 12cm para pavimentos cicláveis e pedonais, e 20 a 30 cm para pavimentos que possam permitir uma circulação automóvel.
Custo	Muito Alto (45,0 – 55,0 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	<p>Nota: Este pavimento pode ser adaptado a caldeiras, para que estas possam funcionar como espaço ciclável, em situações de pouca largura da pista ou faixa.</p> <p>* se houver necessidade de drenagem adicional)</p>

Quadro A.1.11 – Características do saibro estabilizado

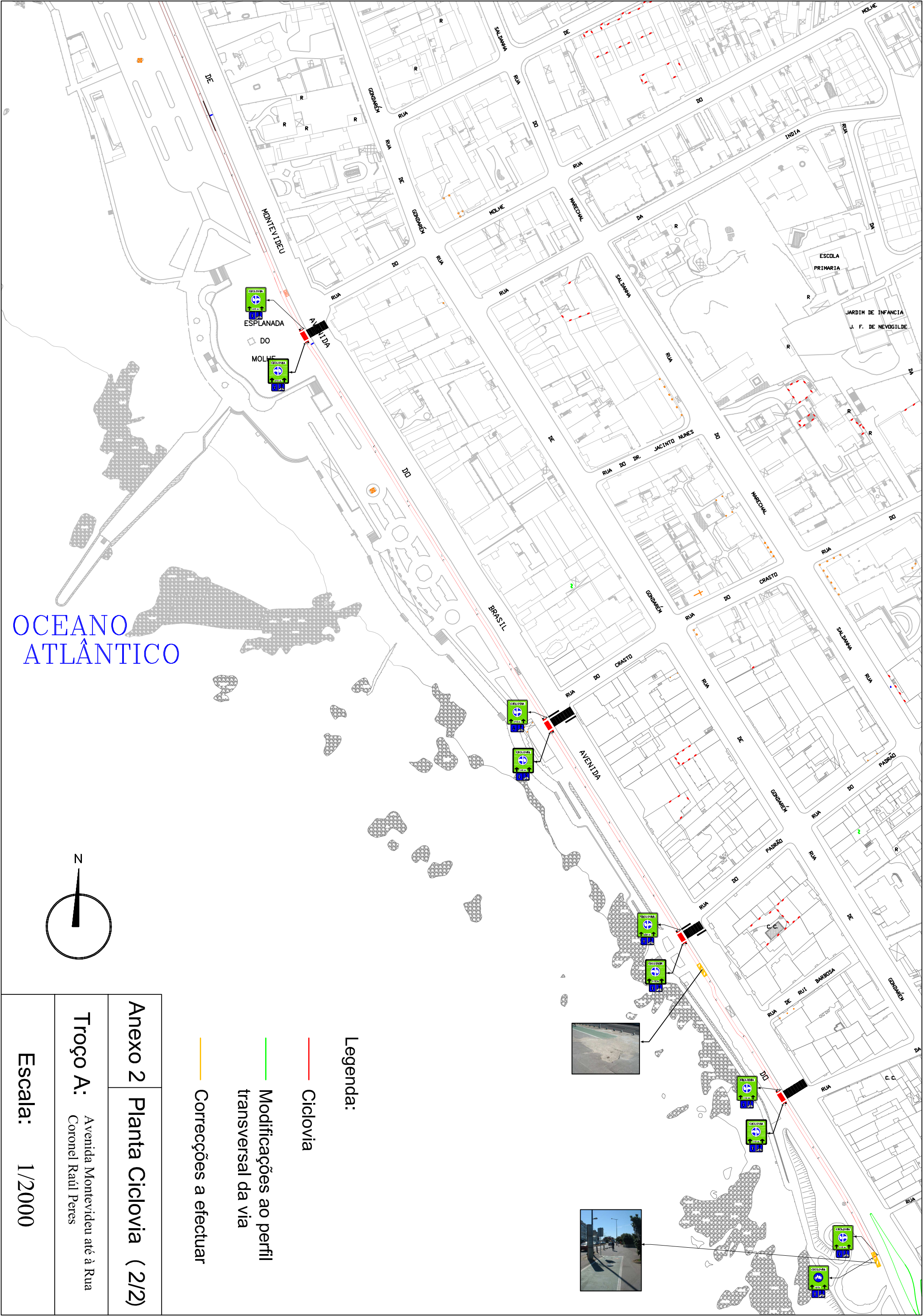
Tipo de pavimentação	Saibro Estabilizado (aglomerado com resina sintética)
Vantagens	Preserva a cor natural do saibro, podendo este apresentar várias cores. Apresenta uma boa resistência à erosão eólica, hidráulica e mecânica. A reparação do pavimento é relativamente fácil.
Desvantagens	Não é um pavimento permeável devendo-se assegurar uma drenagem superficial eficaz.
Construção	A sub-base é constituída por uma camada de gravilha com 0.15m de espessura. Sobre a sub-base coloca-se a camada de saibro estabilizado com resina sintética que pode variar entre 7 a 8cm de espessura para todas as situações cicláveis e pedonais, e de 10 a 15 cm em situações que possam permitir uma circulação automóvel.
Custo	Muito Alto (45,0-55,0 €/m <sup>2</sup> )
Pormenor	 <p>* em situações de circulação de viaturas ligeiras, espessura de saibro estabilizado 10cm</p>

## **ANEXO 2: Troço A – Avenida Montevideu até à Rua Coronel Raúl Peres**









- Legenda:**
- Ciclovia
  - Modificações ao perfil transversal da via
  - Correcções a efectuar

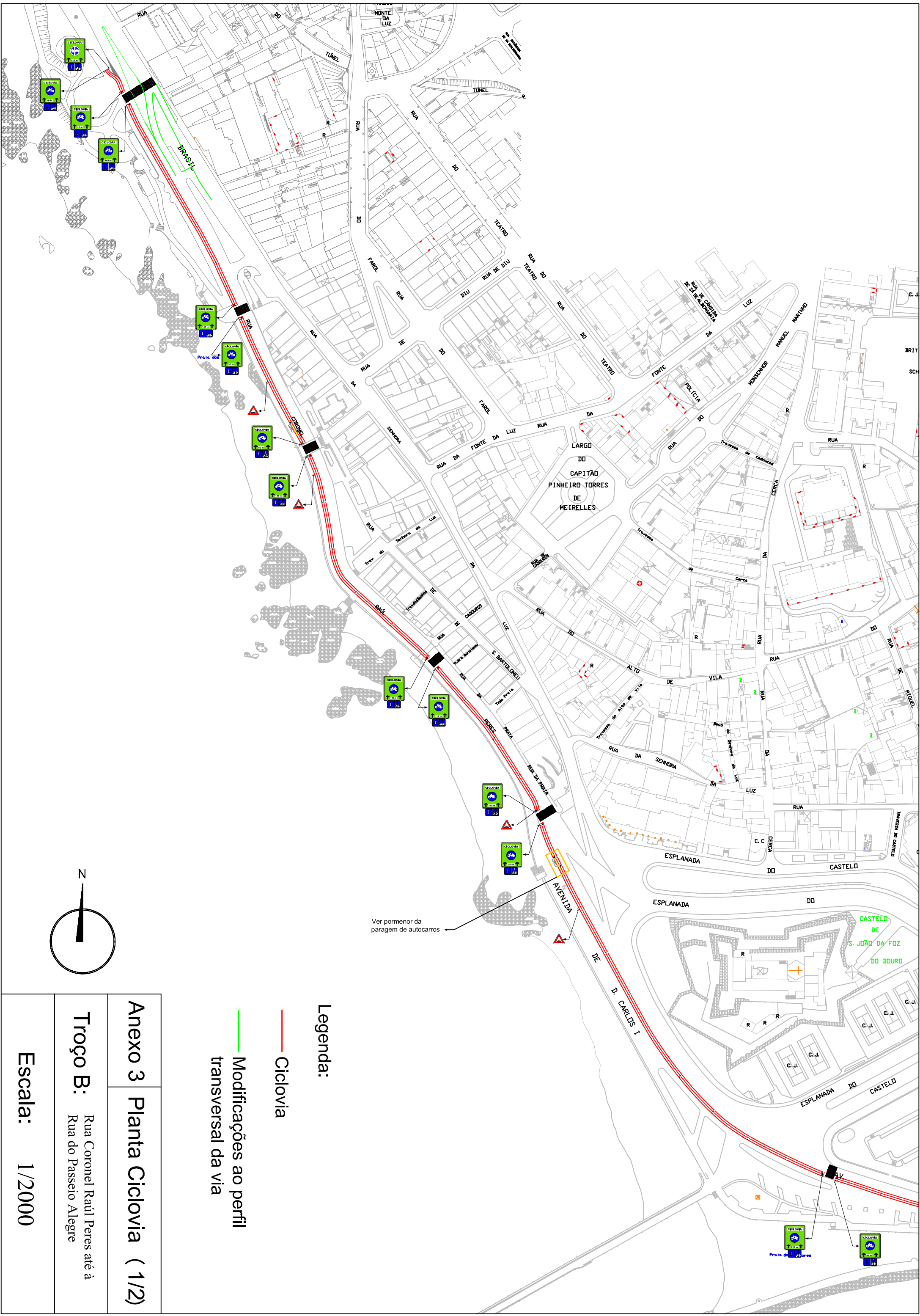
Anexo 2 Planta Ciclovia (2/2)

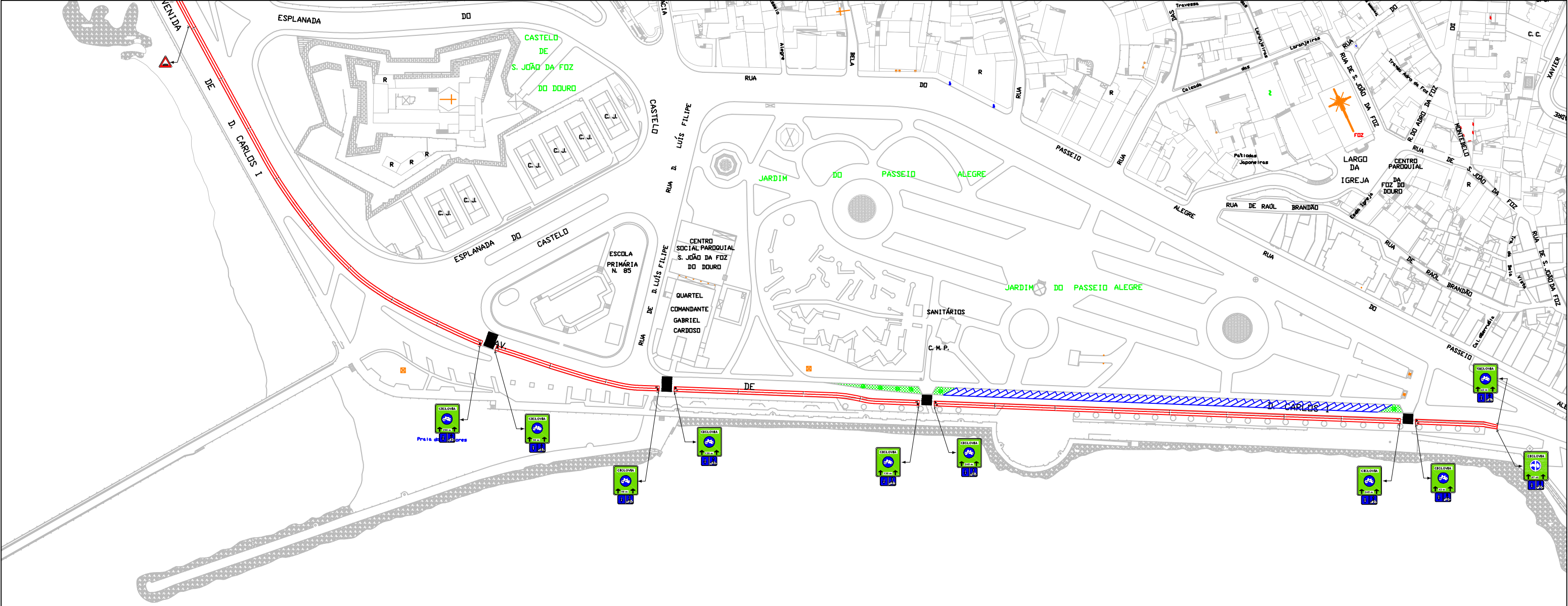
Troço A: Avenida Montevideu até à Rua Coronel Raúl Peres

Escala: 1/2000

**ANEXO 3: Troço B – Rua Coronel  
Raúl Peres até à Rua do Passeio  
Alegre (ciclovía adjacente à via  
principal)**

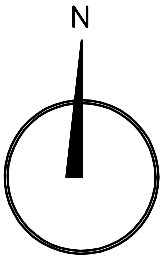




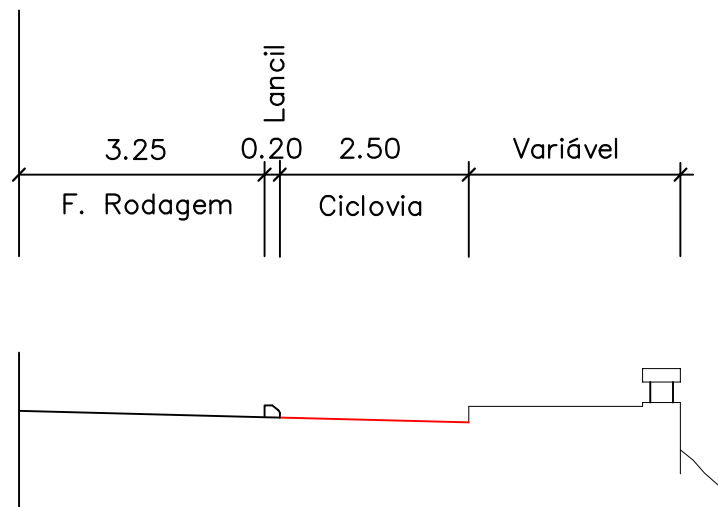


RIO DOURO

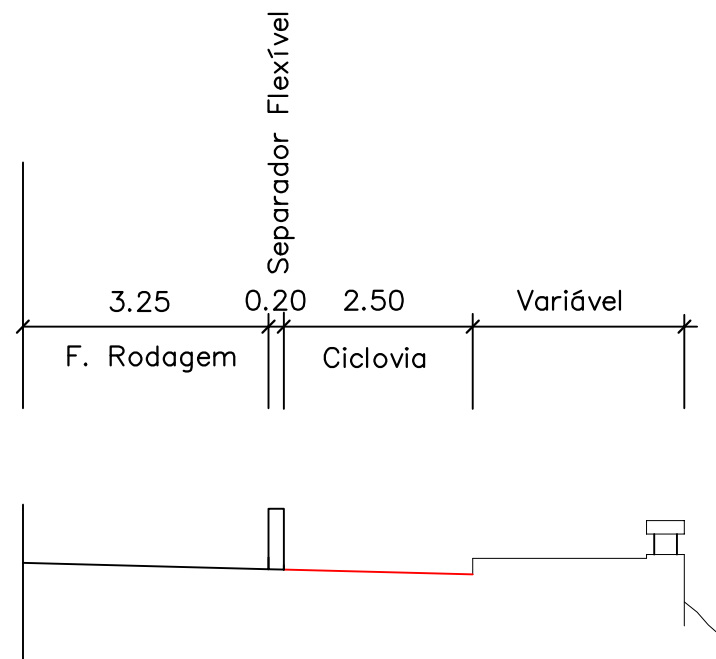
- Legenda:
- Ciclovía
  - Modificações ao perfil transversal da via
  - Estacionamento



Anexo 3	Planta Ciclovía ( 2/2)
Troço B:	Rua Coronel Raúl Peres até à Rua do Passeio Alegre
Escala:	1/2000



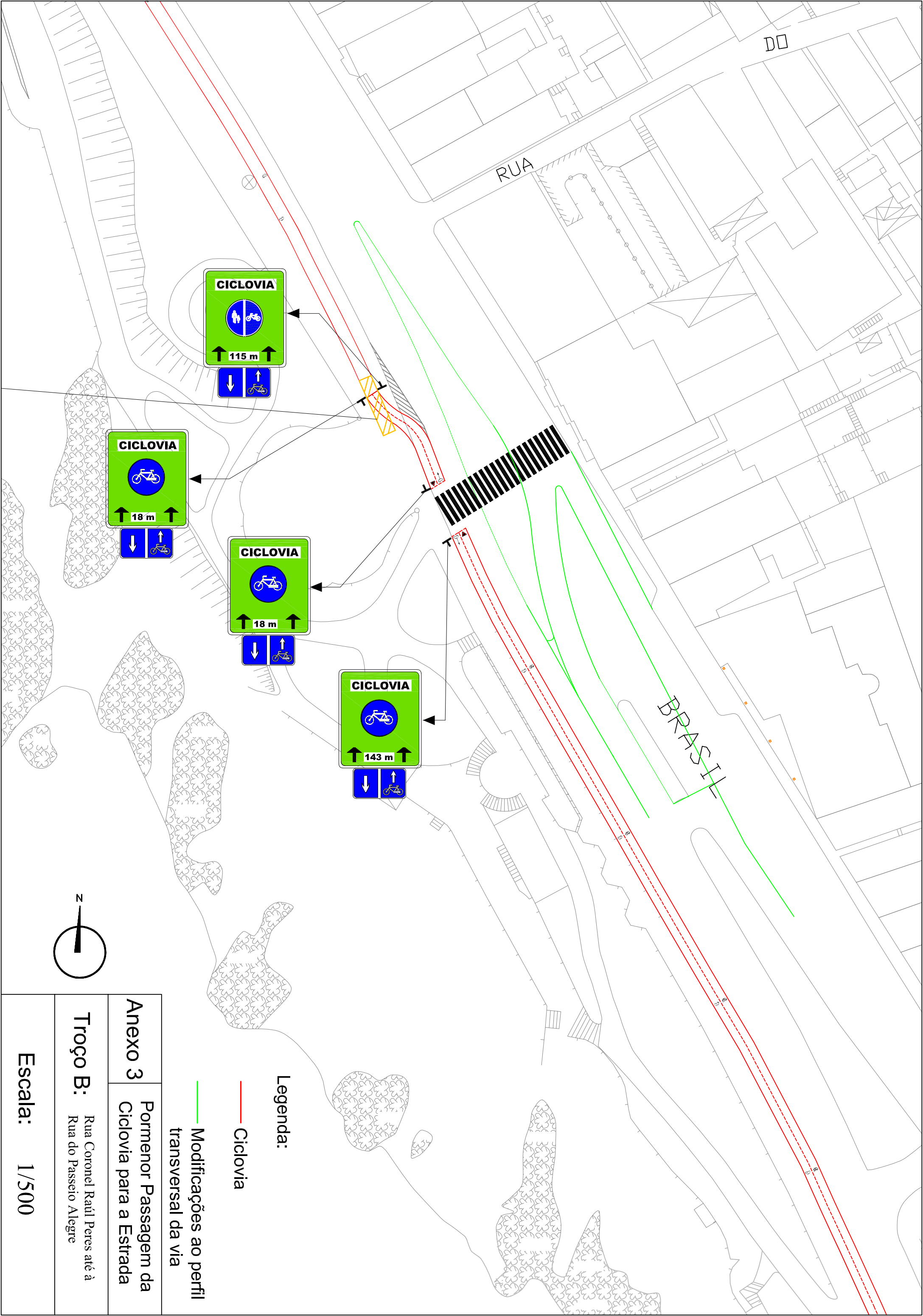
Perfil Transversal da via  
(Separador Rígido)

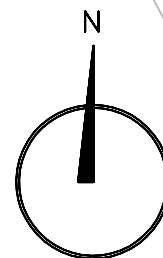
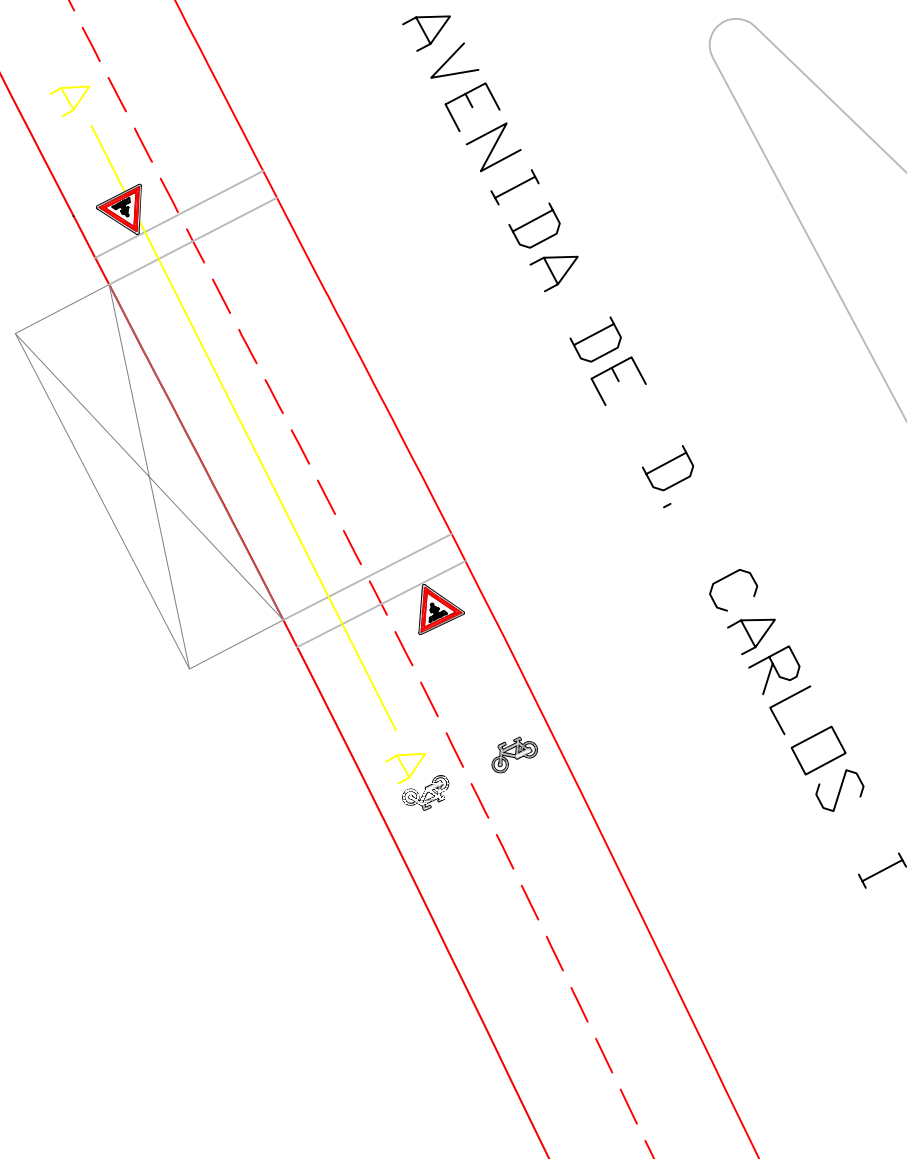


Perfil Transversal da via  
(Separador Flexível)

Anexo 3	Perfis Transversais
Troço B:	Rua Coronel Raúl Peres até à Rua do Passeio Alegre
Escala:	1/100







Legenda:

— Ciclovia

Anexo 3

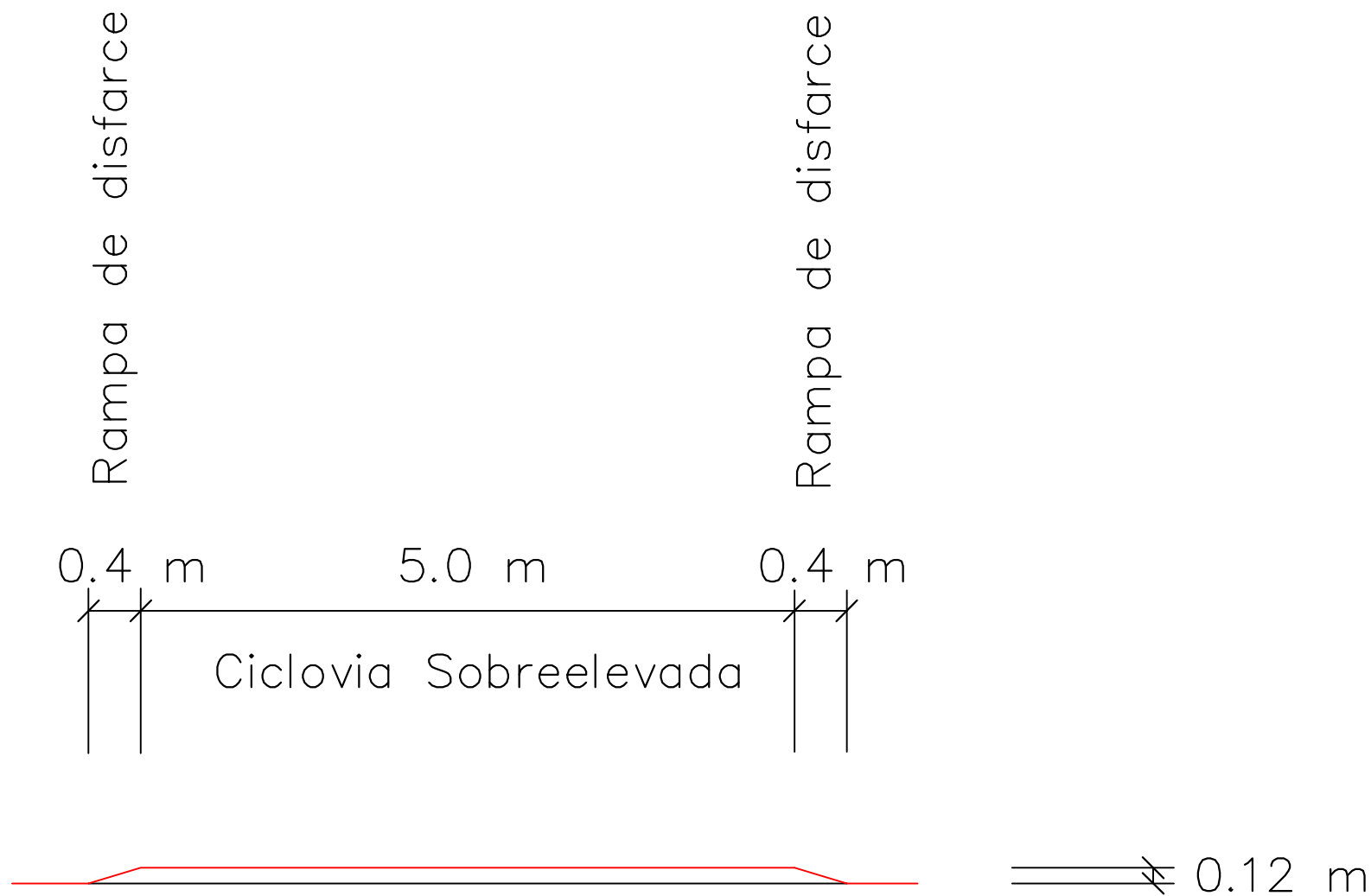
Pormenor da Paragem de Autocarros

Troço B:

Rua Coronel Raúl Peres até à Rua do Passeio Alegre

Escala: 1/100





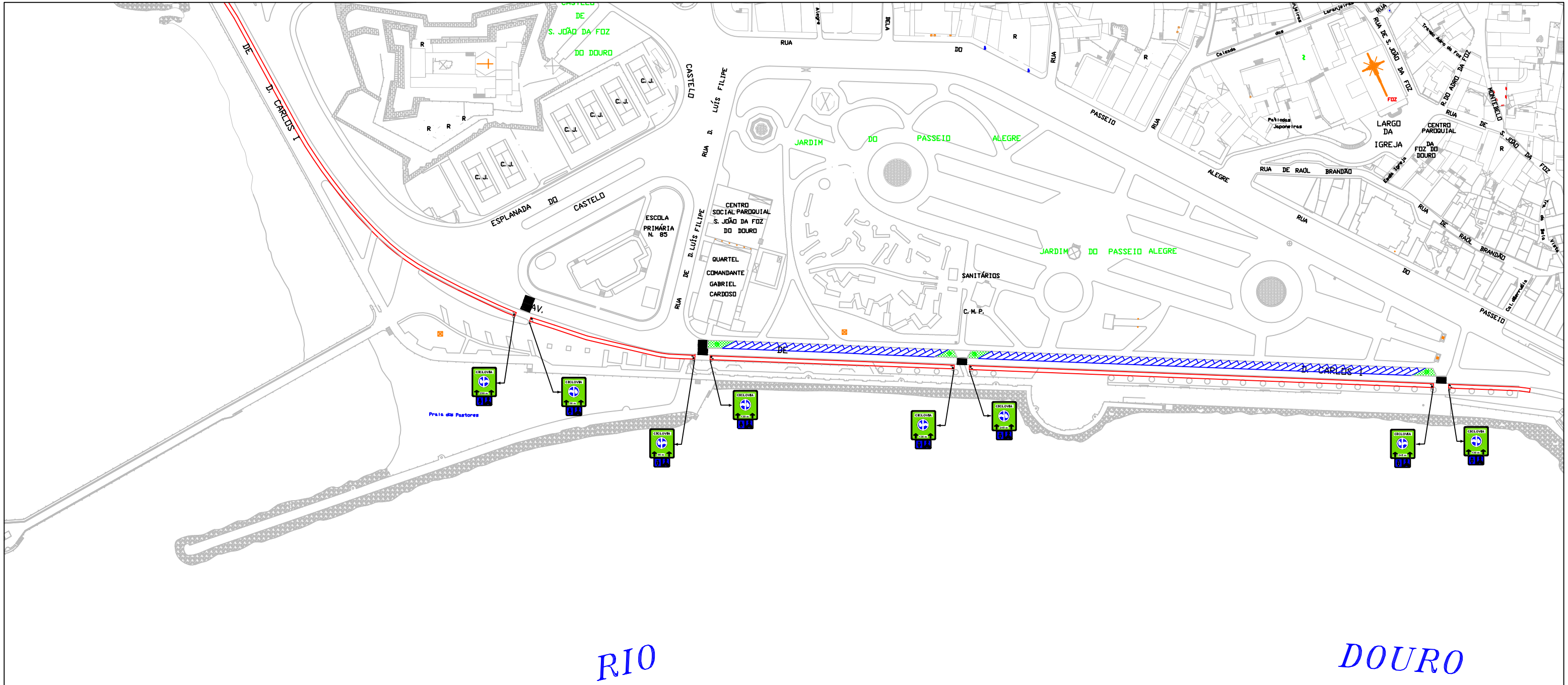
Corte A — A

Anexo 3	Corte A-A: Zona de Lomba em Paragem de Autocarros
Troço B:	Rua Coronel Raúl Peres até à Rua do Passeio Alegre
Escala:	1/50

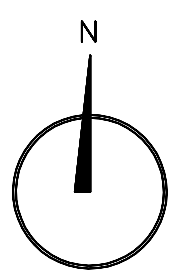


**ANEXO 4: Troço B – Rua Coronel  
Raúl Peres até à Rua do Passeio  
Alegre (ciclovía no passeio)**

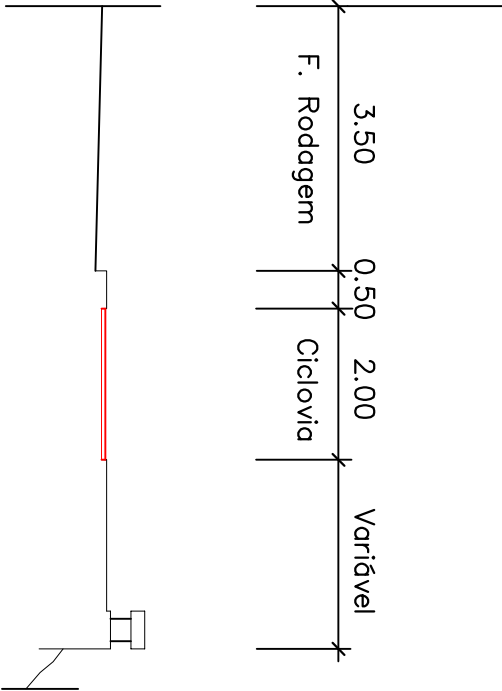




- Legenda:
- Ciclovía
  - Estacionamento



Anexo 4	Planta Ciclovía ( 2/2)
Troço B:	Rua Coronel Raúl Peres até à Rua do Passeio Alegre
Escala:	1/2000



Perfil Transversal da via

Anexo 4	Perfis Transversais
Troço B: Rua Coronel Raul Pires até à Rua do Passado Alegre	
Escala: 1/100	

## **ANEXO 5: Troço C – Rua do Passeio Alegre até à Rua do Ouro**



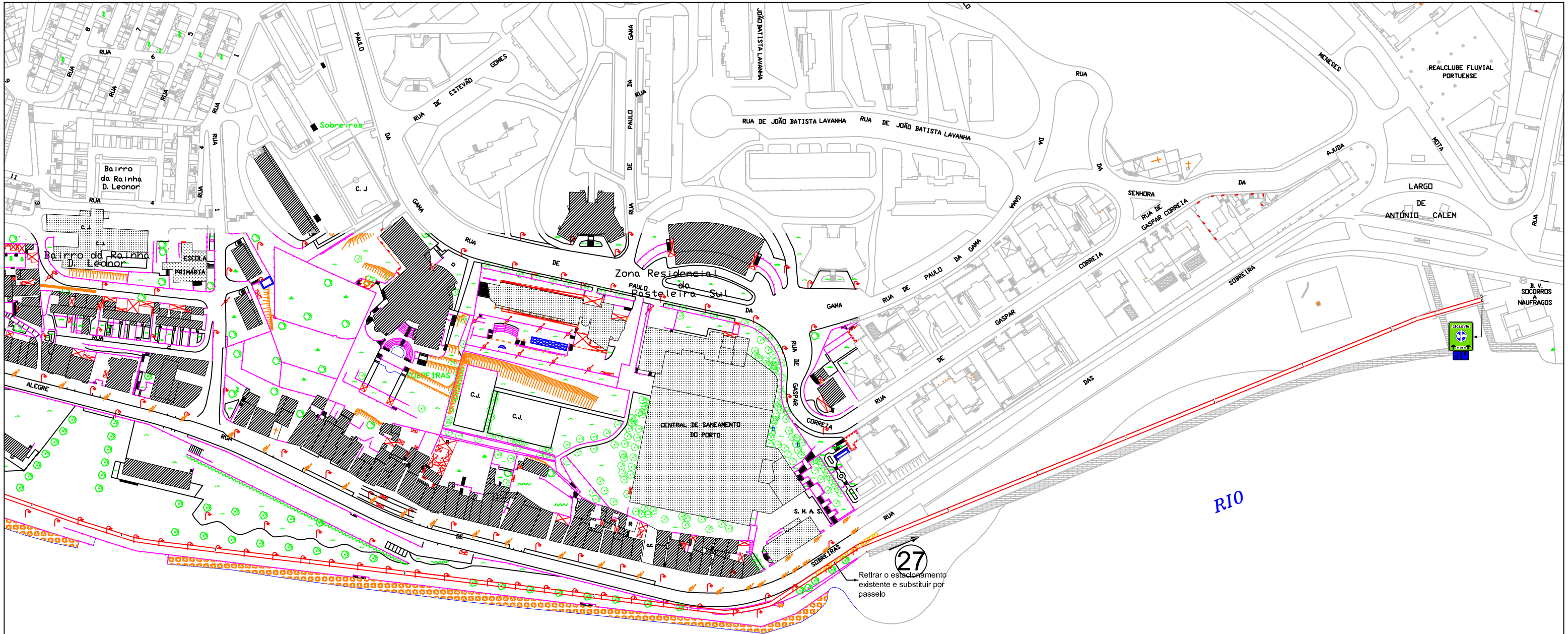


*RIO DOURO*

Legenda:  
— Ciclovía

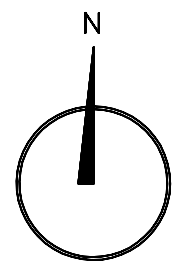
Anexo 5	Planta Ciclovía ( 1/2)
Troço C:	Rua do Passeio Alegre até à Rua do Ouro
Escala:	1/2000



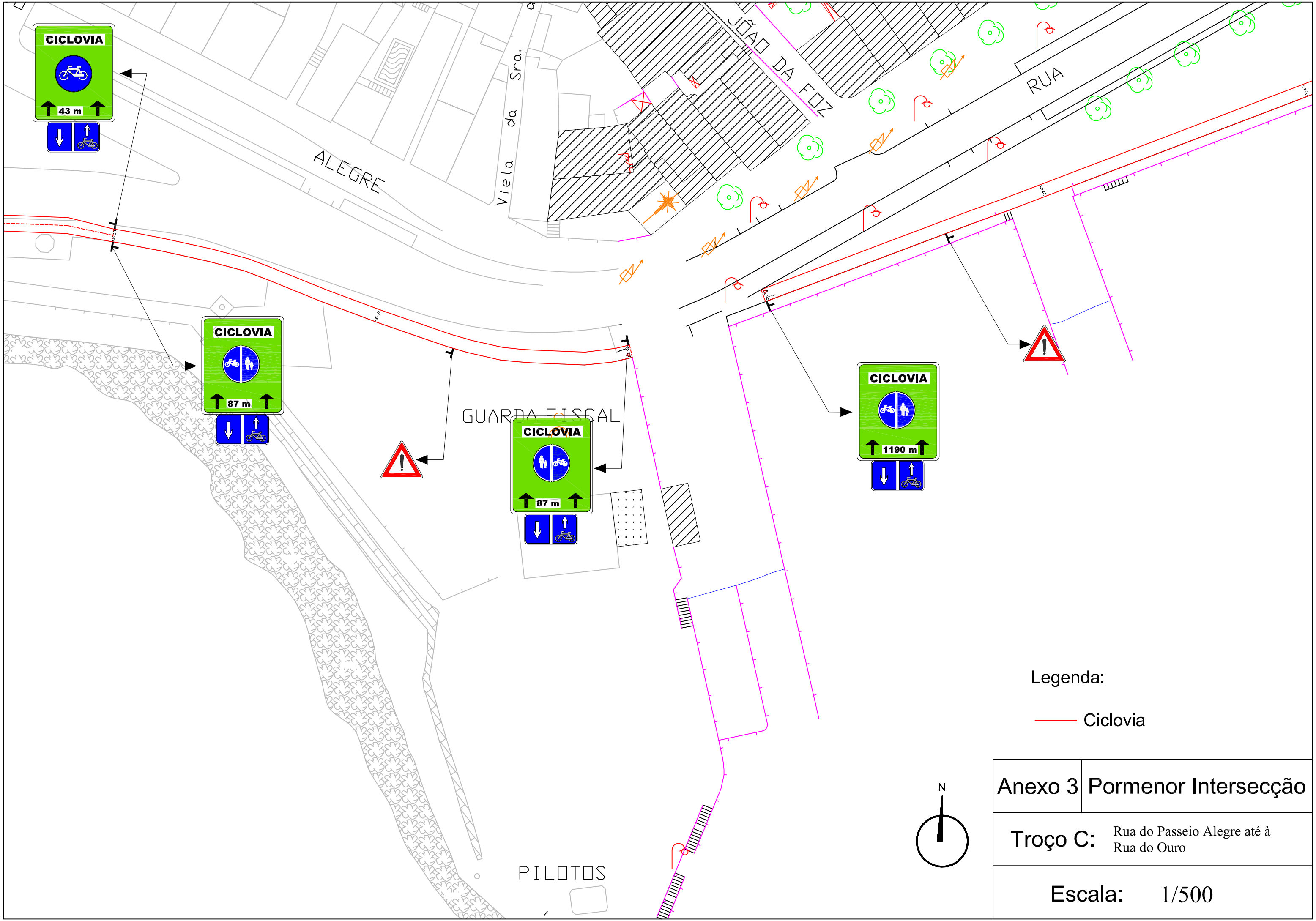


- Legenda:
- Ciclovía
  - Correcções a efectuar

*DOURO*



Anexo 5	Planta Ciclovía ( 2/2)
Troço C:	Rua do Passeio Alegre até à Rua do Ouro
Escala:	1/2000



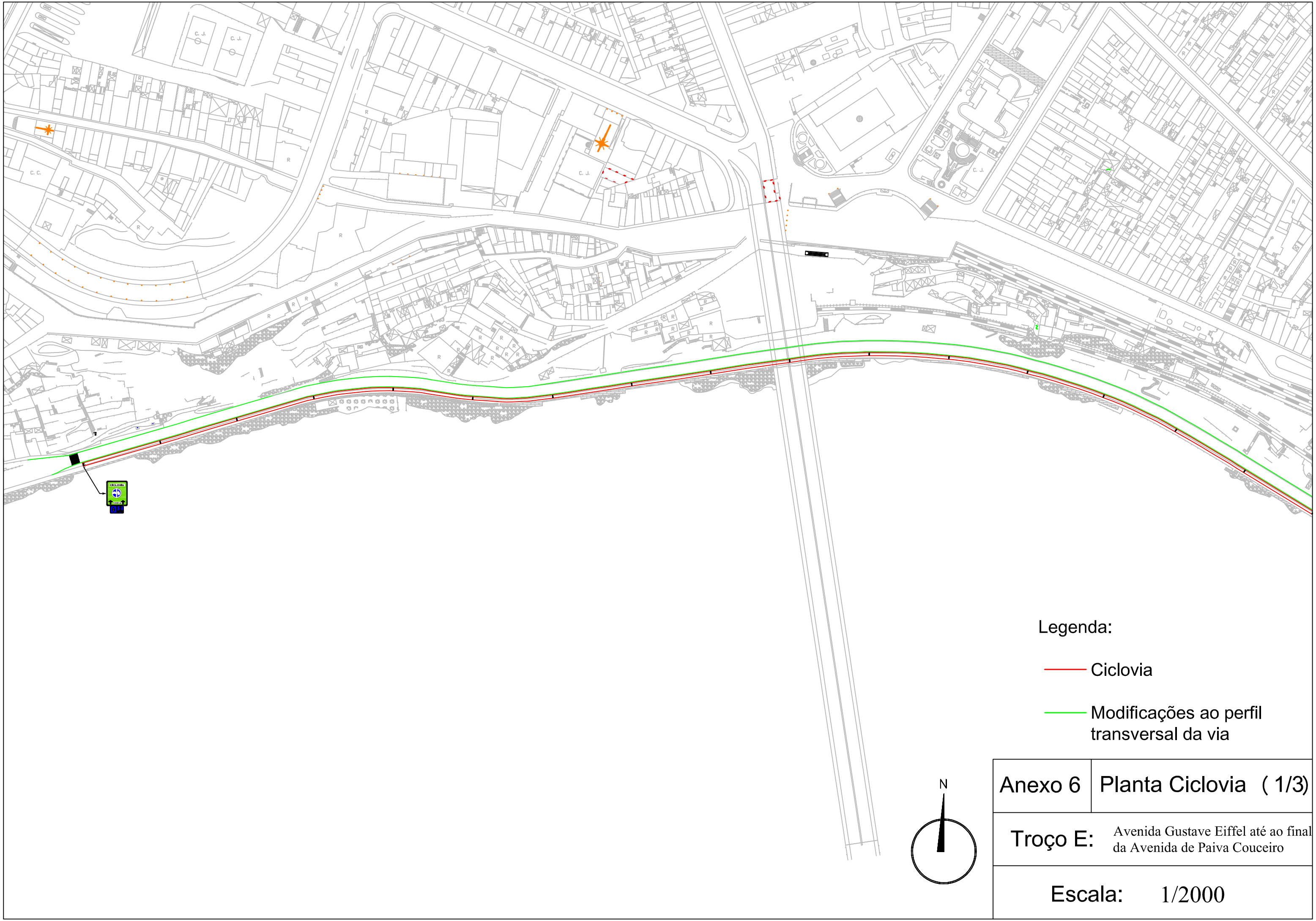
Legenda:

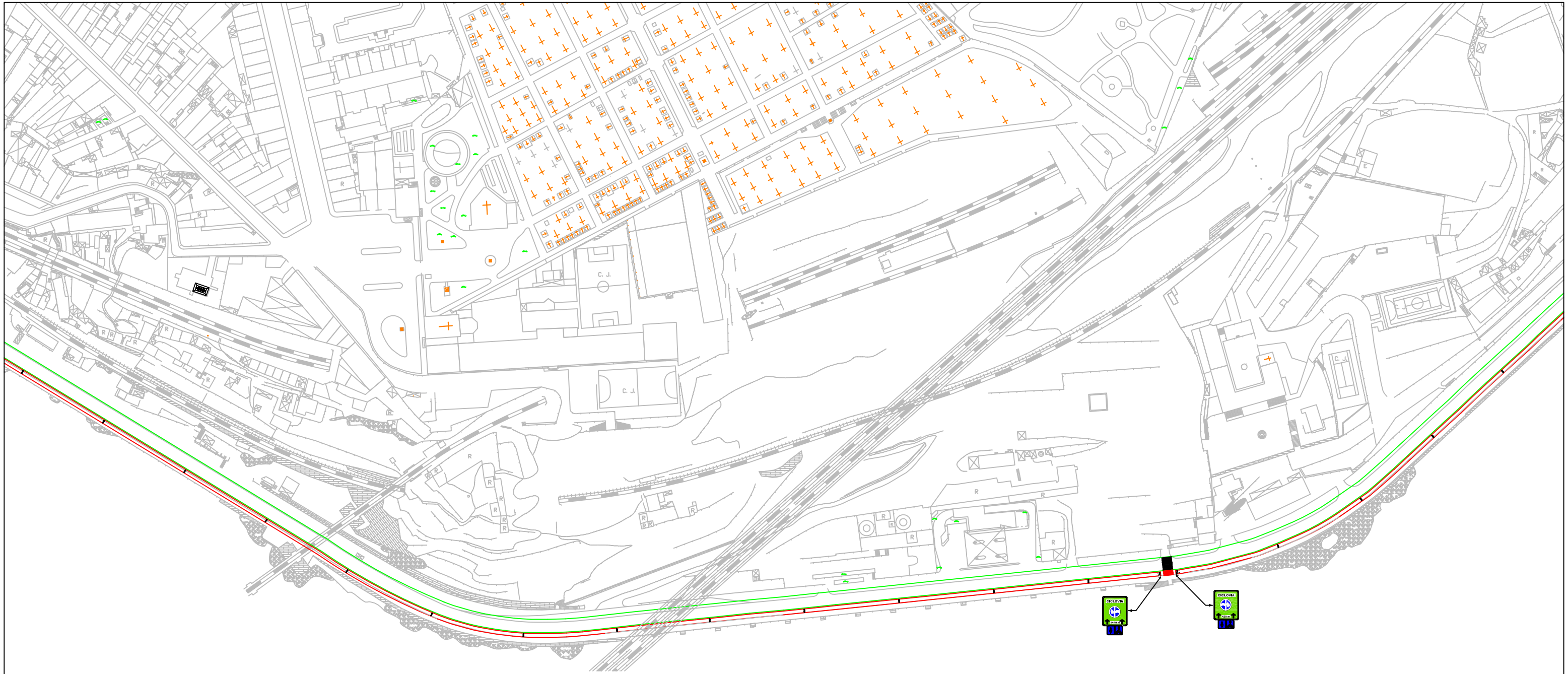
— Ciclovia

Anexo 3	Pormenor Intersecção
Troço C:	Rua do Passeio Alegre até à Rua do Ouro
Escala:	1/500

**ANEXO 6: Troço E – Avenida  
Gustave Eiffel até ao final da  
Avenida de Paiva Couceiro**



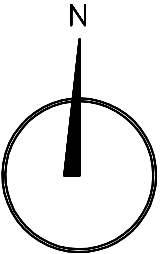




Legenda:

— Ciclovía

— Modificações ao perfil transversal da via



Anexo 6	Planta Ciclovía ( 2/3)
Troço E:	Avenida Gustave Eiffel até ao final da Avenida de Paiva Couceiro
Escala:	1/2000

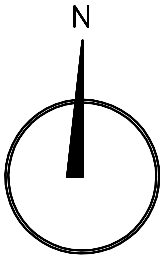




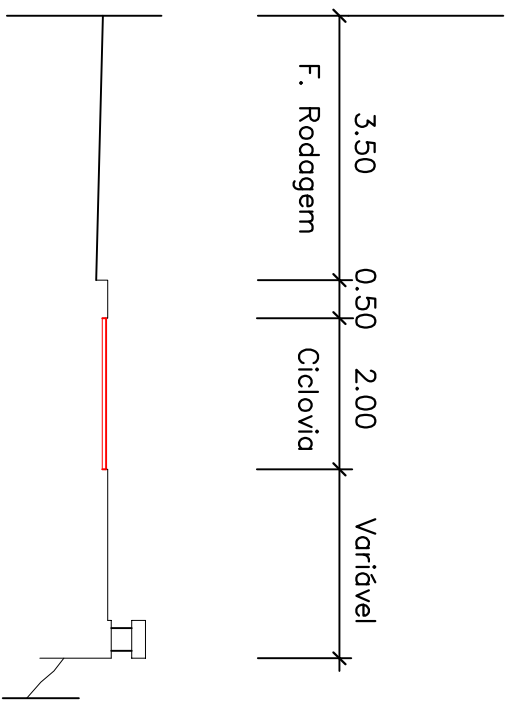
Legenda:

Ciclovía

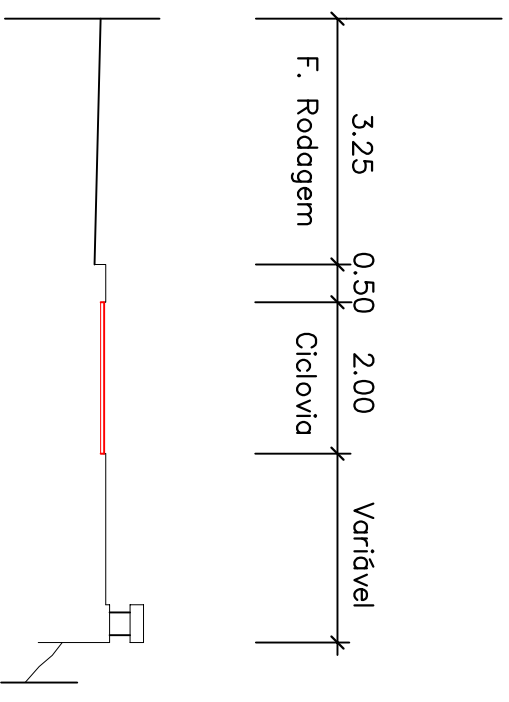
Modificações ao perfil transversal da via



Anexo 6	Planta Ciclovía ( 3/3)
Troço E:	Avenida Gustave Eiffel até ao final da Avenida de Paiva Couceiro
Escala:	1/2000



Perfil Transversal da via



Perfil Transversal da via

Anexo 6	Perfis Transversais
Troço E: Avenida Gustave Eiffel até ao final da Avenida de Paiva Couceiro	
Escala: 1/100	